

# 面向对象的夹具装配模型的建立

金天国<sup>1</sup>, 刘 博<sup>2</sup>

(1. 哈尔滨工业大学 CAD/CAM 研究所, 黑龙江 哈尔滨 150001;

2. 哈尔滨理工大学计算机系, 黑龙江 哈尔滨 150001)

**摘要:** 给出一个面向对象(O-O)的组合夹具装配建模方法。讨论了O-O模型表达的一般方法, 然后分析组合夹具装配设计中的各类对象以及对象类之间的关联关系, 给出组合夹具装配设计类的静态结构和典型类的具体定义。讨论了利用O-O方法建立的装配模型相对传统树/图(Tree/Graph)模型的优点, 并在Pro/E下给出一个O-O夹具装配建模实例。

**关键词:** 面向对象(O-O); 装配模型; 夹具

**中图分类号:** TP391.72 **文献标识码:** A

装配建模就是解决如何在计算机中表达和存储装配体的组成组件及各组件间的关系。随着CAD技术的发展, 特别是近年来提出的TOP-DOWN设计思想<sup>[1]</sup>, 装配模型的表达问题引起了更多的关注。目前常用的产品装配模型的表达方法有两种<sup>[2]</sup>, 一种是关系模型(Relation Model), 即由装配体中的组件和组件间的关系组成一个连接图, 图中结点表示组件, 连线表示关系, 这种模型的优点是能充分表达组件间的关系, 且有图论理论作基础, 有较多的操作算法。其缺点是难以表达组件较多的复杂装配体。这样就产生了第二种装配模型, 即树状模型(Hierarchical Model), 这种模型像多叉树一样, 叶节点是不可再分的零件, 中间节点表示子装配。这种模型不仅能表达组件间的连接关系, 还能表达组件的组成关系, 从而具有表达复杂装配体的能力, 所以得到了广泛的应用。但这种模型在TOP-DOWN设计过程中也难以表达产品概念模型到结构模型的演化过程。所以人们提出了面向对象的装配建模方法(O-O Modeling), 由于对象既可以表达抽象的概念、工程约束, 又可以表达具体的几何结构, 所以受到研

究者的广泛重视<sup>[3]</sup>, 由于O-O方法要描述的问题较多、较复杂, 目前还没有一个统一、固定的模式。在不同的领域, 描述方法也有所不同, 本文针对组合夹具装配设计的原理和实现过程, 给出组合夹具装配模型的O-O建模方法。

## 1 夹具装配模型的O-O描述

### 1.1 O-O描述的一般方法

对象是客观世界中的事物, 具有一定的属性和操作方法, 描述对象的数据结构是类, 类具有封装性、继承性和多态性。任何一个对象都可以用下式来描述:

$$O = \{Oid, A, S, C, M, R\}$$

其中Oid是对象的标号, A为对象的属性, S为对象的结构, M为对象的操作方法, R为关系, 这里的R也是一个类, 它可以引用其他对象并定义对象间的内外部关系, 内部关系表示构成对象的结构之间的装配关系, 外部关系表示该对象与其他对象间的装配关系, 详细描述如表1所示。

Table 1 Definition and description of class

Symbolic Name	Presentation	Note
Identifier( Oid)		The identifier of a object
Attribute (A)	A = ( N <sub>A</sub> , T <sub>A</sub> , V <sub>A</sub> )	N <sub>A</sub> : Attribute name; T <sub>A</sub> : Attribute type; V <sub>A</sub> : Attribute value. The basic attribute, such as Locating Scheme, Constraint Freedoms
Structure (S)	S = * P	A pointer to the model in a CAD system, include geometry and feature information.
Constraint (C)	C = ( N <sub>C</sub> , D <sub>C</sub> )	N <sub>C</sub> : Constraint name; D <sub>C</sub> : Constraint content, including Geometry constraint, Engineering constraint, for example, The scope of dimension and force.
Method(M)	M = F()	The function of object, carry out manipulation and evolution of objects
Relationship(R)	R = ( T <sub>R</sub> , RID <sub>1</sub> , RID <sub>2</sub> , A <sub>R</sub> , M <sub>R</sub> , C <sub>R</sub> )	RID <sub>1</sub> , RID <sub>2</sub> : the object identifier referenced by a relationship; T <sub>R</sub> : relationship type; A <sub>R</sub> : relationship attribute; M <sub>R</sub> : method; C <sub>R</sub> : relationship constraint. The relationship can be among components in a object or among objects.

### 1.2 夹具装配 O-O 模型的体系结构

1.1 节给出的一种通用的 O-O 表达方法, 针对组合夹具装配设计领域, 须对装配设计中涉及到的各种对象进行描述, 如加工的零件, 加工要素, 定位、夹紧组件等, 描述这些对象的类之间具有一定的关系, 根据这些关系, 各个对象的类就构成一个静态类体系结构, 如图 1 所示。该图采用通用建模语言 (UML) 绘制<sup>[4]</sup>。其中类间的关系有三种, 第一种是继承关系 (Generalization), 由图中的箭头连线表示, 箭头所指向的类为父类, 箭尾端所连接的类为子类, 子类是父类的一种特殊形式。第二种关系为聚合关系 (Aggregation), 图中由菱形头连线表示, 菱形头所指的类为包含类, 菱形头连线的尾端所连接的类为成员类, 成员类是包含

类的一部分。第三种关系为引用关系 (Reference), 图中由虚箭头连线表示, 虚箭头所指的类为引用类, 虚箭头连线的尾端所连接的类为被引用类。按照这种关系定义, 夹具装配基类 (Fixture assembly base class) 由工件类 (Workpiece) 和夹具组件类 (Fixture component) 组成, 所以前者与后两者间是聚类关系, 而具体的夹具装配类, 如 3-2-1 定位方案的夹具装配类 (3-2-1type) 及 4-1-1 定位方案的夹具装配类 (3-2-1type) 等, 从夹具装配基类继承而来, 所以夹具装配基类与 3-2-1 夹具装配类之间是继承关系。装配关系类定义了工件与夹具组件间以及夹具组件之间的装配关系, 与工件类和夹具组件之间是引用关系。

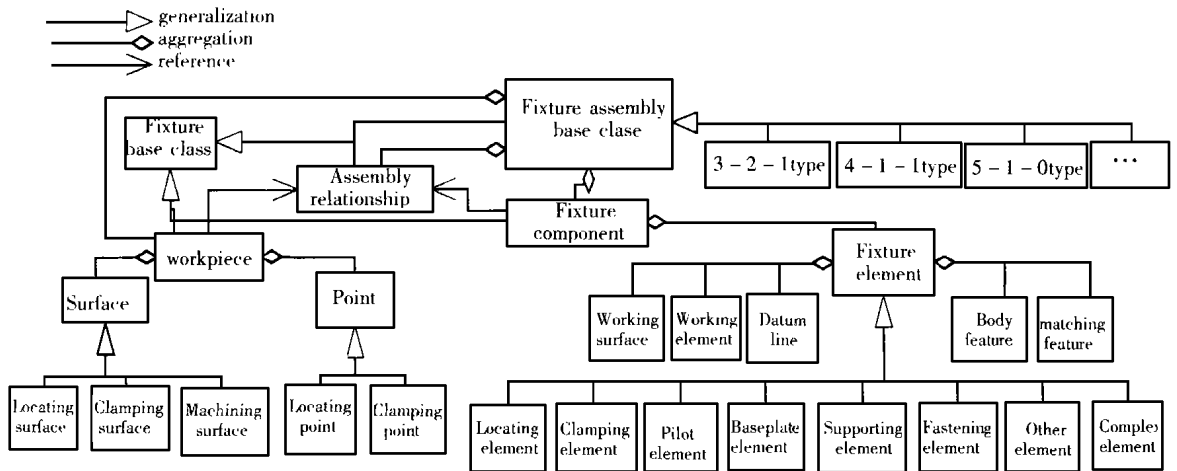


Fig. 1 Modular fixture class hierarchy

### 1.3 对象类的具体定义

1.2 节给出了组合夹具装配设计中类的体系结构, 定义了各类间的关系, 本节给出类体系结构

中典型类的具体定义, 其中的结构属性为 CAD 系统提供的结构模型。

(1) 夹具基类, 它是夹具类体系结构中最基本

的类,其他的类都直接或间接从该类继承而得到。

```
class CFix_Base
{
    Int    Oid;    // 标号
    String Name;  // 名称
}
```

(2) 夹具装配基类,定义了夹具装配模型的基本组成、属性和方法,是具体装配模型的父亲,其中的虚函数,在派生类中会有不同的实现方法。例如,由三个垂直面构成的3-2-1定位形式的夹具装配类和由长轴-端面-圆孔构成的4-1-1定位形式的夹具装配类都是夹具装配基类的派生类,但他们的精度分析、夹紧力分析函数的实现方法不同,从而实现了类的多态性。

```
class CFix_Asm:public CFix_Base
{
    String Locating_Mode; // 定位方案
    String Clamping_Mode; // 夹紧方案
    String Machine_Tool;  // 加工机床
    Workpiece * PWorkpiece; // 工件
    CFix_Component * PFixCompo; // 夹具组件
    Double WorkDesk_Dim[2]; // 机床工作台尺寸
    Virtual Fix_Precision(); // 夹具精度要求函数
    Virtual Clamp_constr(); // 夹紧力约束函数
    Virtual Interfere_constr(); // 干涉约束函数
    Virtual position_constr(); // 位置范围约束函数
    Virtual Precision_analy(); // 夹具精度分析函数
    Virtual clamps_analyse(); // 夹紧力分析函数
    Virtual Compo_assembly(); // 元件装配函数
    Virtual Get_Matrix(); // 取元件位置矩阵
    Virtual Get_Relation(); // 取匹配关系
}
```

(3) 工件类,工件类与其他的夹具组件类有所不同,该类定义了零件的类型、定位夹紧方案及加工特征等信息。

```
class CWorkpiece:public CFix_Base
{
    String TypeCode; // 工件类型编号
    Model_Handle WPiece_Handle; // 工件模型
    Loca_Feature Loca_Chain[]; // 定位特征数组
    Clamp_Feature Loca_Chain[]; // 夹紧特征数组
    Machin_Feature Loca_Chain[]; // 加工特征数组
    Matrix Position; // 工件位置矩阵
    Int Freedom[]; // 工件被限定的自由度
    Relation Relation_Chain[]; // 对外连接关系链
}
```

(4) 夹具组件基类,定义了夹具组件的基本属性。

```
class CFix_Component:public CFix_Base
{
    String TypeCode; // 夹具组件类型编号
    String Fix_Func; // 夹具组件功能
}
```

(5) 定位组件基类,由夹具组件基类继承得到,定义了定位组件的构成,限定的自由度等信息。

```
class CLoca_Component:public CFix_Base
{
    Model_Handle Locate_Model; // 定位组件模型
    Feature FeattoWorkpiece; // 对外关联特征
    Fix_enem ElemtoWorkpiece; // 对外关联元件
    Int XYZ_Freedom[]; // 限定的自由度
    Matrix Position; // 组件工件位置矩阵
}
```

由于篇幅有限,本文只给出典型类的具体定义。其他类的定义与这些类的定义相似。

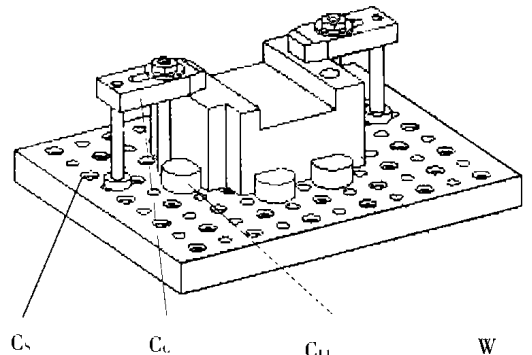


Fig. 2 An example of fixture assembly

## 2 夹具 O-O 表达的实例

为了更明确地说明夹具 O-O 建模方法,本节给出一个夹具装配模型的表达实例。如图 2 为一个夹具装配图,采用 3-2-1 定位方案(Locating Scheme),螺旋压板机构夹紧。整个装配模型由工件对象(W)、定位组件对象(CL1)、夹紧组件对象(Cc)和基础板对象(Cs)及它们间的关系构成,各对象的类定义及对对象间的关系定义在图 1 的类体系结构中已经给出。具体的描述如表 2 所示。

Table 2 An example of fixture assembly object

Object	Members		Specification	
	Sort	Member Name	Member Type	Member Value or Note
A fixture assembly model	Attribute (A)	Locating-Mode	String	3-2-1
		Clamping-Mode	String	Bolt & Clamping plate Setup
		Machine-tool	String	Mill machine
		Locating-Component	CLoca-Component*	Pointer to a locate component
		Clamping-Component	CClamp-Component*	Pointer to a clamping component
		Workpiece	Cworkpiece*	Pointer to a workpiece
		Baseplate	Cbaseplate*	Pointer to a baseplate
	Constraint (C)	Locating-Constraint	Bool	Are the 6 freedoms all constrained?
		Clamping-Constraint	Bool	Is the clamping force proper? The force should be large enough to fasten the workpiece but not damage it
		Interference-Constraint	Bool	Is there any interference among components in the assembly?
Method (M)	Position-Constraint	Bool	Are workpiece and components within the baseplate?	
	Assembly-component	Function	Component-assembly()	
	Component-position relationship	Function	Get-AsmMatrix() Get-Relationship()	
Relation-ship(R)	Outer-relationship	Relation link	The relation with machine worktable	
	Inter-Relationship	Relation graph	The relationship among fixture components	

### 3 O-O 模型的能力讨论

#### 3.1 支持概念模型和结构模型的能力

在夹具设计的初期阶段,设计者只能确定夹具定位、夹紧方案及装配体的大致组成等信息。这时一般以功能谓词的形式来描述,而到设计的最后阶段,这些抽象的功能谓词会演化成具体的几何结构或操作函数,这一过程就是夹具的 TOP-DOWN 设计过程。O-O 模型具有支持概念模型和结构模型的能力。图 2 所示的装配设计描述如表 2 所示。其中,3-2-1 定位方案在设计的初期阶段是功能谓词,到设计的最后阶段将演化成三个定位块构成定位机构,其他的描述项也与此类似。

#### 3.2 可以生成树/图结构

因为,夹具设计系统的类间具有继承关系、聚合关系和引用关系,从而必然能表达对象间的关联关系和层次关系。将构成一个对象的所有子对象的关系属性用线段来表达,对象用节点来表达,这样就构成了一个传统的关系模型。如夹具装配体由工件、夹紧组件、定位件组成,而夹紧组件又由压板和螺栓等组成,这种关系就是传统装配模型中的树结构。图 3 就是图 2 装配图的各个对象

构成的关系图。所以 O-O 装配模型比传统模型有更大的优越性。

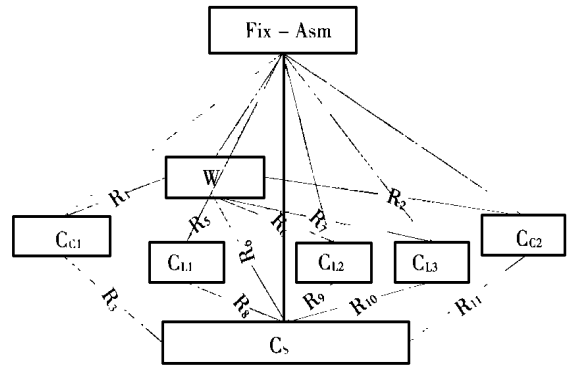


Fig. 3 Tree style of assembly model

### 4 Pro/E 下开发实例

Pro/E 的 Pro/Toolkit 开发工具提供了数据定义、实体模型的创建、信息提取等能力,同时提供了与 VC++ 编程接口。本文利用 Pro/E 的 Table Family 模块建立夹具元件、组件的结构模型,利用 VC++ 定义软件界面,利用 Pro/Toolkit 的函数和数据定义功能来获取 Pro/E 中的结构模

型信息,开发了夹具装配设计类库的定义及实例化原型系统,类实例化时用表格形式对类中的属

性进行描述,图4为一个装配模型的实例化过程界面。

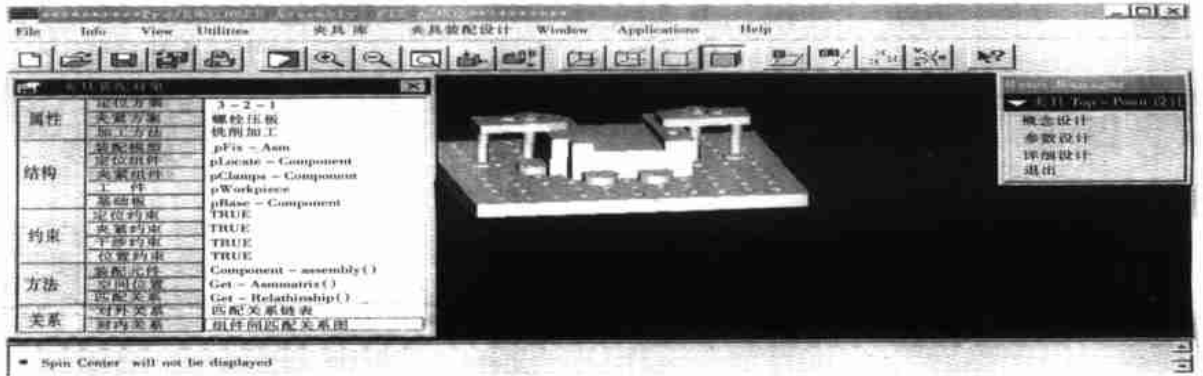


Fig. 4 Windows of instantiating an assembly object

## 5 结 论

用面向对象(O-O)的方法建立夹具的装配设计模型,不仅能表达模型的几何信息,还能表达功能、约束、关系等信息,尤其是将关系作为一个类来描述时,该方法具有更强的装配模型表达能力。O-O的夹具装配设计模型具有支持功能模型和

结构模型的能力,所以具有支持 TOP-DOWN 设计的能力,同时它还具有比传统树/图(Tree/Graph)装配模型更强的表达能力。但O-O的建模方法也有一定的缺点:有时难以确定一个被描述问题是一个属性还是一个对象,并且不同领域的对象分类方法、类的体系结构也不相同,所以难以建立一个所有领域通用的O-O装配模型。

### 参考文献:

- [1] Mantyla M. A modeling system for top-down design of assembled products[J]. IBM J. RES. DEVELOP, 1990, 34(5): 200- 213.
- [2] Sodhi Rajneet, Turner Joshua U. Towards modeling of assemblies for product design[J]. Computer-Aided Design, 1994, 26(2): 85- 97.
- [3] Gorti S R, Gupta A, Kim G J, Sriram R D, Wong. An object-oriented representation for product and design processes[J]. Computer-Aided Design, 1998, 30(7): 489- 501.
- [4] 刘超,张莉. 可视化面向对象建模技术[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 1999.

## Object-oriented modular fixture assembly modeling

JIN Tian-guo<sup>1</sup>, LIU Bo<sup>2</sup>

- (1. CAD/CAM Institute of Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China;
2. Computer Department of Harbin Science and Technology University, Harbin 150001, China)

**Abstract:** A method is presented for assembly modeling of modular fixture with object orient (O-O) technology. The general O-O model is introduced. The objects and their relationships in modular fixture assembly design are analyzed, and the static structure of classes and the definition of some typical fixture classes are given. Finally, the advantages of O-O model over conventional tree/graph model are discussed, and an example of fixture assembly are developed with Pro/E.

**Key words:** object-orient; assembly model; fixtures

作者简介: 金天国(1968-),男,河北省人,哈尔滨工业大学CAD/CAM研究所在职博士生。研究方向CAD/CAM技术, CIMS。