

# 基于本体的零件描述模型研究

李文杰<sup>1,2</sup>, 冯志勇<sup>2</sup>, 赵德新<sup>1,2</sup>

(1. 天津理工大学计算机科学与工程系, 天津 300191; 2. 天津大学计算机科学与技术学院, 天津 300072)

**摘要:** 针对 CAPP 应用系统中零件信息的表达和组织问题, 提出了基于本体的零件描述模型以及该模型的 3 层体系架构, 并对该架构中的零件特征描述模型及其结构进行了介绍, 最后通过案例验证零件信息的本体描述是合理且有效的方式。

**关键词:** 本体; CAPP; 知识库; 零件特征; 零件描述

## Research on Ontology-based Description Model of Part Information

LI Wenjie<sup>1</sup>, FENG Zhiyong<sup>2</sup>, ZHAO Dexin<sup>1,2</sup>

(1. Department of Computer Science and Engineering, Tianjin University of Technology, Tianjin 300191;

2. School of Computer Science and Technology, Tianjin University, Tianjin 300072)

**【Abstract】** Given expression and organization of part information in computer aided process planning (CAPP) application system, ontology-based description model of part information and its three-layer framework are proposed. The description pattern of part features and its structure are also presented. Finally a typical example indicates that ontology description of part information is reasonable and effective.

**【Key words】** Ontology; CAPP; Repository; Part feature; Part description

零件信息是工艺系统进行设计的基础和依据, 包括总体信息(如零件名称、材料和图号) 结构形状、尺寸、表面粗糙度、公差、热处理以及技术要求等方面的信息<sup>[1,2]</sup>。工艺设计的主要任务是依据这些信息制定零件的工艺制造过程。

在采用计算机进行辅助工艺设计时, 计算机需要“读懂”零件图上的零件信息, 否则就不能对零件进行工艺设计。因而存在着 CAPP(计算机辅助工艺设计)系统的零件输入与计算机内部如何对产品或零件进行有效表达的问题, 其实质是如何组织和描述零件信息。目前主要有 4 种表达零件信息的方式<sup>[2]</sup>: 分类编码, 知识表示, 描述语言和形状特征。

通过比较上述 4 种表达方式的主要特点, 并结合 CAPP 系统对零件输入信息的具体要求可知, 采用上述任意一种表达方式向 CAPP 系统输入零件信息后, CAPP 系统内部都须用一种合理的数据结构来有效地组织这些信息, 这是 CAPP 系统的零件信息模型要解决的问题之一。

由于现有 CAPP 系统的零件数据库一般只有数据而没有其内在的规则, 无法体现出零件之间复杂的联系, 因此传统的零件数据组织形式已不能满足目前 CAPP 系统的发展需要。为解决对产品或零件进行组织和描述的问题, 需要引入新的本体理念, 确定合理的零件描述模型以便对知识库中的信息进行适当的表达, 从而使计算机真正发挥其辅助工艺进行设计的作用。

### 1 基于本体的零件描述模型

针对 CIMS 应用系统中 CAPP 领域的当前发展需求, 把本体理念<sup>[3]</sup>及其技术引入到 CAPP 系统, 对零件信息进行清晰的描述。借鉴本体理念在 AI(人工智能)等信息系统领域<sup>[4,5]</sup>的成功研发经验, 在领域专家的参与下, 用本体描述语言 OWL(Web 本体语言)<sup>[6]</sup>和本体编辑工具 Protégé 2000<sup>[7]</sup>来描述与注释 CAPP 领域中概念、概念的属性以及概念间相互关系

的语法和语义, 构造出 CAPP 系统的领域本体知识库。

零件信息模型的目标是在 CAPP 系统内部合理地表达和组织零件信息, 使之既便于 CAPP 系统的应用, 又便于与 CAD 系统和 CAM 系统集成。零件信息模型是计算机内部对零件信息进行描述与表达的方式, 该模型主要作为利用计算机进行零件图绘制与重现、工艺决策与推理、工序图生成、尺寸链计算、刀具路径规划以及路线仿真等工作的核心与依据。

#### 1.1 零件描述模型的体系架构

把整个零件当作对象, 对其进行高层次的抽象化, 从而定义出零件描述模型的整体架构, 此模型是由不同抽象级别的对象以及对象之间的关系组成的复杂对象, 如图 1 所示。

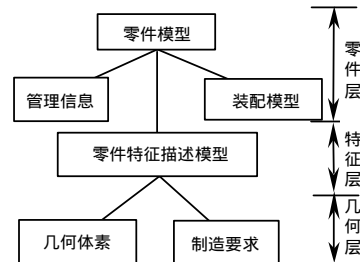


图 1 零件描述模型的体系架构

依据对象抽象级别的不同, 可以把基于本体的零件描述模型的体系架构分成 3 个层次: 零件层, 特征层和几何层。零件层描述零件的结构、特性、技术要求和管理信息, 以及

**基金项目:** 天津市高等学校科技发展基金资助项目(20051510); 天津市自然科学基金资助项目(043800411)

**作者简介:** 李文杰(1975 - ), 男, 讲师、博士, 主研方向: 分布式异构信息的描述和获取技术, 知识工程; 冯志勇, 教授、博士; 赵德新, 讲师、博士生

**收稿日期:** 2006-07-12 **E-mail:** lwj13579@sina.com

各个零件之间的装配关系等。特征层是体系架构的核心层，描述组成零件的特征和各个特征之间的关系，以及与特征相对应的加工工艺等。几何层以几何体素和制造要求为基础来描述零件特征的几何拓扑信息。

### 1.2 零件特征分类

特征是一组与零件的描述密切相关的信息集合。由于零件的描述可能会包含设计、制造以及管理等多方面的信息，因此特征又是含有特定的设计和制造内涵的信息集合。依据对零件的描述角度的不同，可以把零件特征分成 5 种类型<sup>[8]</sup>：管理特征，形状特征，材料特征，技术特征和精度特征。

其中，形状特征是最主要的零件特征之一，从工程的角度来描述零件的几何形状信息，分为主形状特征（简称主特征）和辅形状特征（简称辅特征）。主特征用来描述构造回转类零件的整体形状结构；辅特征用来对主特征进行局部修饰，并依附于主特征。从设计或制造的角度，可把形状特征分成基本特征、复合特征、阵列特征和基准特征，这种分类方式的形状特征又称为 DM（设计/制造）特征。

### 1.3 零件特征关系

为了对零件特征之间的关系进行描述，提出特征类和特征对象的概念。由于特征类是对特征型进行描述，而特征对象是对特征值进行描述，并且是特征类的实例，因此特征类和特征对象的关系是特征的型与值的关系。特征类与特征类之间、特征类和特征对象之间，以及特征对象与特征对象之间主要有 5 种关系：邻接关系、继承关系、从属关系、阵列关系和参考关系。

通过对各个特征及其关系的拓扑组合进行适当的运算，就可以形成完整的零件模型。一个主特征可以与多个主特征相互关联，多个辅特征也可以从属于一个主特征，而主特征和辅特征、一级辅特征与二级辅特征之间具有的这种依附关系就是特征之间层次关系的具体表现。因而特征的层次性可以很好地反映出 CAPP 系统中加工工艺过程的先后顺序。

### 1.4 零件特征描述模型

依据 DM 特征的聚集关系，可以把特征层的零件特征描述模型进行展开。正如图 2 中所示，零件和复合特征之间是 1 对多的关系；复合特征与基本特征之间是 1 对多的关系；而基本特征和制造要求之间则是多对多的关系。

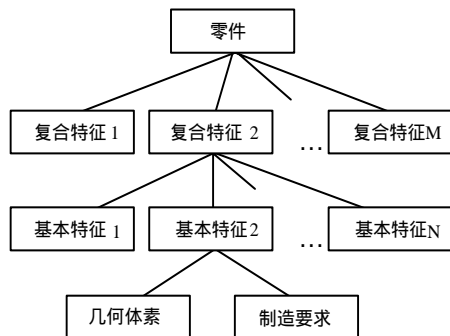


图 2 零件特征描述模型

### 1.5 零件特征描述模型的结构

零件基准是抽象化的特征，例如端面 and 中心线等，基准特征用来描述零件和特征之间的空间坐标关系。这种特征类似于物理学领域中的坐标系，但仅是虚拟的参考位置或基准。

通过对零件特征描述模型进行分析和研究，提出该模型的基本结构，如图 3 所示。在此结构中，采用特征坐标树来表示零件、基本特征与复合特征等之间的空间坐标关系。每

个基本特征都会形成一个局部坐标架，多个特征组合而成特征坐标树。

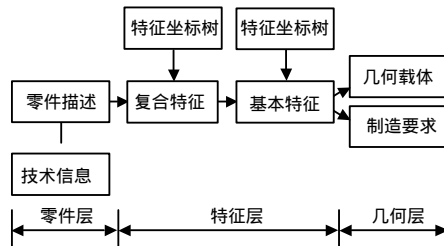


图 3 零件特征描述模型的基本结构

在对零件和特征之间的空间坐标关系进行描述时，须先确定零件的坐标系及坐标原点，接着以此原点为基准来确定每个复合特征的参考原点。同理，基本特征的空间定位都以复合特征的原点为基准。由此可以很好地解决零件与特征之间的位置关系，也有利于采用本体理念及其相关技术对零件信息进行描述。

## 2 零件信息的本体描述

为了对零件和零件特征的描述有感性的认识，体现本体在描述过程中所具有的重要作用，对零件信息各种特征进行了分析。考虑到零件描述的特殊性，又不失其一般性，本节以载有阵列盲孔和键槽的零件阶梯轴为例来研究对零件及其特征等信息的描述过程，如图 4 所示。

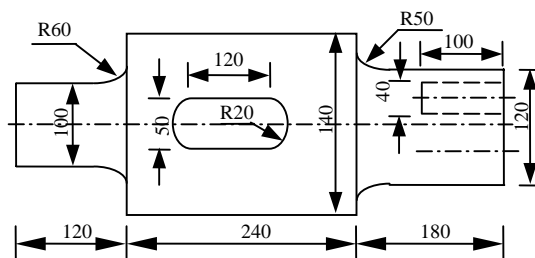


图 4 阶梯轴的示意图

### 2.1 分析零件信息

依据零件特征的分类规则以及零件特征描述模型的基本结构，对图 4 所示的零件阶梯轴进行分析可知，该零件包含下列信息：

- (1) 技术信息：与零件相关的技术说明文档。
- (2) 基准特征：阶梯轴的中心线和阵列盲孔的中心线，通过特征坐标树分别与复合特征和基本特征相互参考。
- (3) 复合特征的特征坐标树：以零件的轴线为基点，建立柱坐标系为全局坐标系；以中圆柱体的轴线为基点，建立复合特征的局部坐标系。
- (4) 复合特征：带有辅特征盲孔的主特征右圆柱和带有辅特征键槽的主特征中圆柱。
- (5) 阵列特征：盲孔的阵列，通过阵列值与基本特征盲孔相互关联。
- (6) 基本特征的特征坐标树：所处的全局坐标系不变，依据各个基本特征的几何载体建立相应的局部坐标系。
- (7) 基本特征：圆柱体、盲孔、键槽和倒角。
- (8) 圆柱体：属性有半径、高度、公差和粗糙度等。
- (9) 盲孔：继承抽象父类孔的所有属性，例如半径、阵列值与粗糙度，同时生成自己的属性，例如深度。其中，属性阵列值的默认值是 0，表示不阵列，而在本例中其值设定为 4。载体是右圆柱，制造要求需根据领域知识来建立。
- (10) 键槽：属性是宽度、长度和深度。载体是中圆柱，制造要求需根据领域知识来建立。

(11)倒角:属性是半径与弧度。载体是左圆柱和右圆柱,制造要求需根据领域知识来建立。

对零件及其特征的分析过程是从整体到局部,即从零件、复合特征到基本特征的次序。而本体对零件的描述过程却与之相反,首先从零件的最基本的特征开始,对基本特征的属性进行描述,通过属性坐标系与适当的基准特征相互参考,然后依据特征坐标树把基本特征组合成零件的复合特征,同时描述其它必要的零件特征,并补充适当的管理信息与技术信息等,最后形成零件的完整信息。

## 2.2 描述零件信息

现以阶梯轴为例来介绍零件信息的本体描述过程。通过采用零件描述模型对零件阶梯轴进行分析,可以得出该零件的各种特征之间的关系,如图5所示。

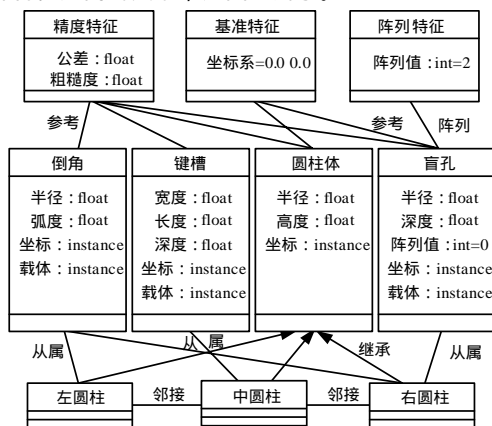


图5 阶梯轴的特征关系图

接着用 Protégé 2000 对辅特征盲孔的实例阵列盲孔进行描述。依据图4中的零件尺寸标准信息,填充实例阵列盲孔的各种属性信息,例如盲孔的半径 20.0mm、深度 100.0mm 和阵列数 4 等,以及与该实例相关的各种辅助信息和参考信息,如局部坐标系(0.0mm, 30.0mm)与几何载体右圆柱等。

与实例阵列盲孔的本体描述方式相类似,本体可以清晰地描述出主特征圆柱体的3个实例与其它辅特征的实例,故在此不再赘述。采用本体编辑工具描述完零件及其所有的特征信息后,可将其转换成 OWL 或 XML(可扩展标记语言)等格式,以便用于不同的应用中使领域知识最大程度地获得共享与复用。零件阶梯轴的部分 OWL 文档代码如下:

```
<oil_Class rdf:ID="YuanZhu_MangKong">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#MangKong"/>
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#YuanZhu_Kong"/>
```

```
<rdfs:label>YuanZhu MangKong</rdfs:label>
</oil_Class>
<owl:FunctionalProperty rdf:ID="radius">
  <rdfs:range rdf:resource=
"http://www.w3.org/2001/XMLSchema#float"/>
  <rdfs:domain>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <oil_Class rdf:about="#Kong"/>
        <oil_Class rdf:about="#YuanZhu"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:domain>
  <rdfs:type rdf:resource=
"http://www.w3.org/2002/07/owl#DatatypeProperty"/>
</owl:FunctionalProperty>
```

## 3 结束语

针对 CAPP 应用系统中零件信息的描述和组织问题,采用基于本体理念及其技术的零件描述模型可以更加合理有效地表达领域本体知识库中的零件信息。本体理念的引入将会为 CAPP 领域知识在最大程度上实现共享与复用提供有力的保障。

### 参考文献

- 1 Jin Hui, Feng Zhiyong, Li Xiaohong. Agent-based Implementation for Automatic Process Planning[J]. Transactions of Tianjin University, 2002, 8(1): 52-55.
- 2 金辉. 基于动态聚类树的 CAPP 零件知识库的建立[D]. 天津: 天津大学, 2002.
- 3 Gruber T R. A Translation Approach to Portable Ontology Specifications[J]. Knowledge Acquisition, 1993, 5(2): 199-220.
- 4 李文杰, 冯志勇, 陈钢. 基于本体的多 Agent 自动工艺系统[J]. 天津大学学报, 2004, 37(3): 253-257.
- 5 Li Wenjie, Feng Zhiyong, Li Yong, et al. Ontology-based Intelligent Information Retrieval System[C]//Proc. of the 17<sup>th</sup> IEEE Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, New Jersey, 2004: 373-376.
- 6 Pan J Z, Horrocks I. Metamodeling Architecture of Web Ontology Languages[C]//Proc. of the 1<sup>st</sup> International Semantic Web Working Symposium, Stanford, USA. Springer-Verlag, 2001: 131-149.
- 7 Stanford Medical Informatics. The Protégé Ontology Editor and Knowledge Acquisition System [EB/OL]. 2005-12-19. <http://protege.stanford.edu/index.html>.
- 8 陈钢. 基于本体的特征知识库[D]. 天津: 天津大学, 2004.

(上接第 249 页)

### 参考文献

- 1 黄欣, 张国军, 贺晓, 等. 网络制造环境下 CAPP 系统关键技术研究[J]. 计算机应用研究, 2005, 22(10): 33-35.
- 2 黄欣. 支持网络制造的协同工艺设计系统关键技术研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2005.
- 3 陈沛帅, 朱森良. 一个支持网络制造的 CAPP 原型系统研究与实现[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2003, 15(8): 949-953.
- 4 周能发, 蔡力钢, 朱海平. 基于 CORBA 和 XML 的 PDM/CAPP 集成[J]. 华中科技大学学报, 2004, 11(32): 30-32.