

基于 UML 和 XML 的工艺族信息模型表达方法

王琳¹, 张永健¹, 钟诗胜²

(1. 哈尔滨工业大学(威海)船舶与海洋工程学院, 山东 威海 264209; 2. 哈尔滨工业大学机电工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘 要: 随着大规模定制模式的发展与应用, 对产品族的研究从设计逐步延伸到制造, 针对工艺族的建模提出了基于 UML 和 XML 的对工艺族信息模型表达的方法。首先通过对工艺平台及工艺族的介绍, 明确了工艺族的元素实体及实体间的相互关系, 而后基于面向对象的思想, 采用 UML 静态关系图对工艺族进行了描述; 为了使工艺族模型在工程中得到应用并保证不同系统间工艺族信息的可传递性和共享性, 通过 UML 模型向 XML Schema 的转换规则, 用 XML 对工艺族模型进行表达。最后以卫星结构板面板机加工工艺为例, 通过对其机加工工艺的分析, 建立了面板机加工工艺族的 UML 模型, 并采用 XML 描述了面板机加工工艺族的实例。

关 键 词: 工艺族; UML; XML; 信息模型表达

中图分类号: TH 164; TP 311

文献标志码: A

文章编号: 1005-3026(2016)06-0839-06

The Representation of Process Family Information Model Based on UML and XML

WANG Lin¹, ZHANG Yong-jian¹, ZHONG Shi-sheng²

(1. School of Naval Architecture and Ocean Engineering, Harbin Institute of Technology at Weihai, Weihai 264209, China; 2. School of Mechanical & Electrical Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China. Corresponding author: ZHANG Yong-jian, E-mail: mailoz@163.com)

Abstract: With the development and application of mass customization, the research focus about product family has been transferred from design to manufacturing, and the concepts of process platform and process family come with the transformation, in order to model the process family, the representation method of process family model based on UML and XML was proposed. In order to ensure the entity and the relationships between entities in process family, the process platform and process family were introduced first. And then based on the thinking of object oriented, UML static graph was adopted to describe the process family. For the purpose of engineering application of process family and information transmission and sharing among different systems, with the transformation rules from UML model to XML Schema, XML was adopted to represent the process family model. Finally, taken panel machining process of satellite plate for an example, the UML model of panel machining process family was constructed and the panel machining process family case was represented by XML.

Key words: process family; UML; XML; representation of information model

在大规模定制生产模式下, 产品族、产品配置等方法与技术成为其成功实施的关键^[1]。目前, 大量的研究都集中于产品设计阶段, 研究方法多、技术相对成熟, 而对于产品制造阶段的研究, 如生产配置、云制造^[2]等处于起步阶段且侧重于理论

层面。同时精益生产理念要求严格控制产品各阶段的时间消耗, 而从设计阶段到制造阶段产品信息转换的耗时是产品能否实现快速响应制造的关键^[3]。因此, 产品信息的转换、传递、共享与集成成为大规模定制生产模式成功实施的基本和核心

收稿日期: 2014-10-10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51075083); 教育部高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(20112302130003); 哈尔滨工业大学科研创新基金资助项目(IDGA18102049)。

作者简介: 王琳(1986-)男, 山东济阳人, 哈尔滨工业大学博士研究生; 钟诗胜(1964-)男, 江西龙南人, 哈尔滨工业大学教授, 博士生导师。

问题.

基于产品平台的产品族设计为大规模定制提供了系统的设计方法,文献[1]提出产品模型框架可通过功能、原理、结构 3 个视图完整地表达产品族的信息,且这 3 个视图可以采用树状结构进行表示. 为了将大规模定制生产的研究成果更好地服务于企业,产品族可以通过一定的技术手段进行描述,以应用于企业的设计、生产以及管理中. 其中,产品配置知识可以通过 OWL/SWRL 进行描述^[4]; XML 可用于描述产品模型、工艺模型等以保证企业 CAD 系统、CAPP 系统以及 CAM 系统之间的信息集成^[5].

工艺信息作为产品信息的重要组成部分,连接了产品设计系统、信息管理系统以及制造环节的各系统等,因此工艺信息的合理表达成为确保工艺信息能够在各系统中进行传输与共享的关键. 对此,文献[6]采用面向对象的方法构建了工艺信息集成系统;由于 XML 具有简单、高效、可扩充等特点,为工艺信息的表达提供了有效的技术手段^[7]. 对应于产品平台与产品族,工艺平台与工艺族的概念也被提出^[8],目前该方面的研究相对较少,主要集中于产品族的生产配置、工艺平台的 UML 建模等^[9].

为保证工艺族信息在大规模定制制造环节各系统之间的传输与共享,使工艺族在制造环节发挥更大的作用,针对企业各系统信息集成的要求,本文首先采用 UML 建立了工艺族的概念模型,并基于 XML 技术构建了工艺族的逻辑模型与物理模型.

1 建模语言与工艺族相关知识

1.1 UML 与 XML 基础

统一建模语言(unified modeling language, UML)是一种基于面向对象技术发展起来的可视化建模语言,具有定义良好、功能强大、易于表达等特点. 可扩展标记语言(extensible markup language, XML)是由 W3C 组织于 1998 年开发的一种标记语言,用来标记数据、定义数据类型,作为各种应用程序之间进行数据传输的常用工具. 本文采用 UML 类图可以方便地对工艺族数据模型的静态结构进行描述,建立工艺族的概念模型,而为了使工艺族模型在工程应用中发挥更大作用,需将工艺族的概念模型转化为逻辑模型与物理模型,即将工艺族的 UML 模型通过特定的规则转化为 XML Schema 及 XML 文档.

1.2 基于工艺平台的工艺族结构

工艺平台包括三部分内容:1)所有工艺变型所共享的通用工艺结构,通常以工艺路线的形式表示;2)从通用工艺结构中派生出的特定工艺变型;3)产品变型与工艺变型之间所存在的相互关联. 这种关联类似于产品平台与工艺平台之间的关联^[8]. 工艺平台结构如图 1 所示.

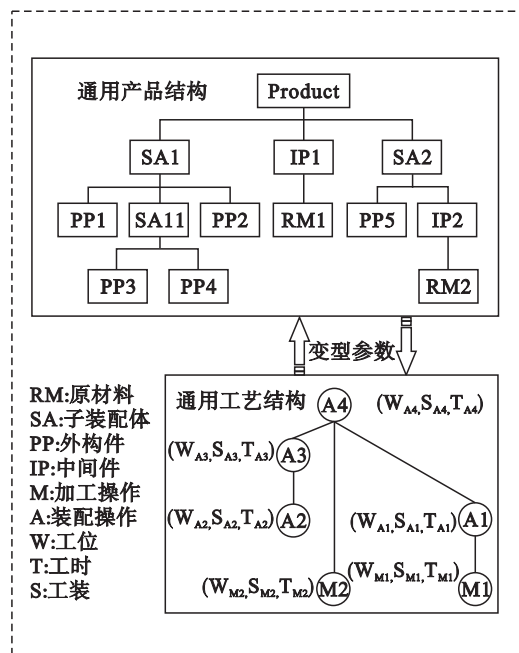


图 1 工艺平台结构

Fig. 1 Structure of process platform

类似于产品族,工艺族是由一组共享通用工艺结构的相似生产过程组成,工艺族中相似的工艺路线通过规划可以适应对应的产品族中任意产品^[10]. 工艺族可以由通用工艺结构进行具体表示,包含工艺元素以及工艺元素之间的关系,其中,工艺元素包括机床、刀具、操作、工装等内容,工艺元素之间的关系一般包括依赖、互斥、包含、相关等.

与产品族从用户需求→功构分析→产品变型设计过程的完整性相比,对于工艺族的研究仅仅集中在工艺族的通用结构方面,对此,文献[11]从工艺设计的输入(包括产品模型与结构、车间资源等)、工艺规划(包括工艺设计规范、领域知识等)以及工艺设计的输出(包括工艺结构、工艺文件等)整个过程的角度,并基于工艺平台对工艺族进行了拓展,建立了广义工艺族的概念,包括 3 个方面:①制造特征与资源,称为工艺特征;②工艺知识;③通用工艺结构. 广义工艺族的体系结构如图 2 所示.

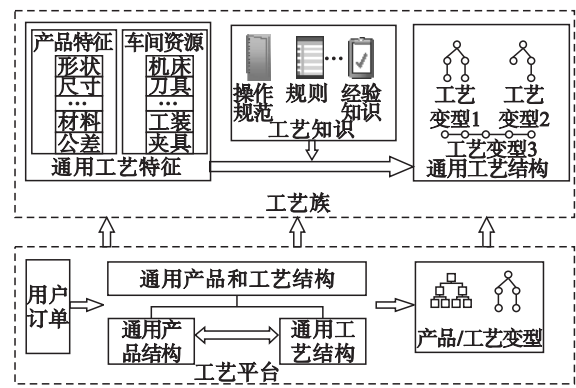


图 2 基于工艺平台的工艺族结构

Fig. 2 Structure of process family based on process platform

表 1 工艺族元素实体描述

Table 1 Entity description of process family elements

元素实体名称	描述
制造特征(manufacturing feature)	产品的关键制造特征 ,如孔、型腔、特殊表面等
关键尺寸(key size)	制造特征的关键尺寸
材料(material)	产品的材料信息
公差(tolerance)	包括尺寸公差、形状公差和位置公差
机床(machine)	产品制造过程中所需的机床设备
刀具(tool)	针对制造特征、材料等所采用的刀具
工装(fixture)	针对产品的专用工装
人力(labor)	产品制造过程所需的人力
操作(operation)	产品制造过程中的操作(工序或工步)
工时(cycle-time)	完成每个操作所需的时间
规范(specification)	工艺设计的一般规范、规则
领域知识(domain knowledge)	针对特定产品工艺设计所需的领域专业知识
经验知识(experiential knowledge)	产品工艺设计中形成的经验知识

表 2 工艺族元素实体关系及描述

Table 2 Relations among process family elements entities

关系名称	描述
依赖(dependency)	工艺元素两个类之间语义上的关系 ,如工序的前后依赖关系等
实例化(instance_of)	工艺元素类与其实例之间的连接关系
继承(generalization)	工艺元素一般类与特殊类之间的关系
关联(association)	两工艺元素类之间的关系 ,见图 3
连接(link)	两个工艺元素实例之间的连接关系

类似于工艺设计过程 ,工艺族模型的构建是将工艺族中各元素经过规划并通过一定的关系进行连接组合 ,其中类之间的关联关系和实例之间的连接关系是最常用的. 例如操作类与制造特征

2 工艺族信息模型表达

2.1 工艺族 UML 模型

工艺族的元素主要包括产品制造特征、车间资源以及工艺知识 ,这些元素是构建工艺族的基础 ,其实体及描述如表 1 所示. 工艺族元素实体之间的关系及其描述如表 2 所示.

图 3 表示实体间的关联关系 (a)表示人力可以使用刀具与夹具并能控制机床 (b)表示操作可以通过机床来执行 ,并产生相应的工时.

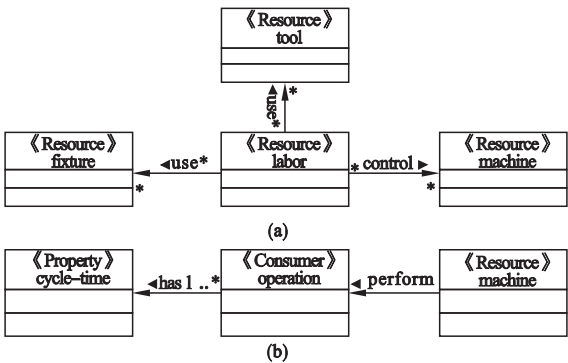


图 3 工艺族元素间的关联关系

Fig. 3 Association relationship among process family elements

类之间的关联关系表示制造特征需指定相关的操作来完成其加工制造 ;人力实例可以选择制造特征实例与相关的机床实例、刀具实例以及夹具实例. 利用工艺族的元素及工艺族元素之间的关系构建工艺族的 UML 模型 ,如图 4 所示.

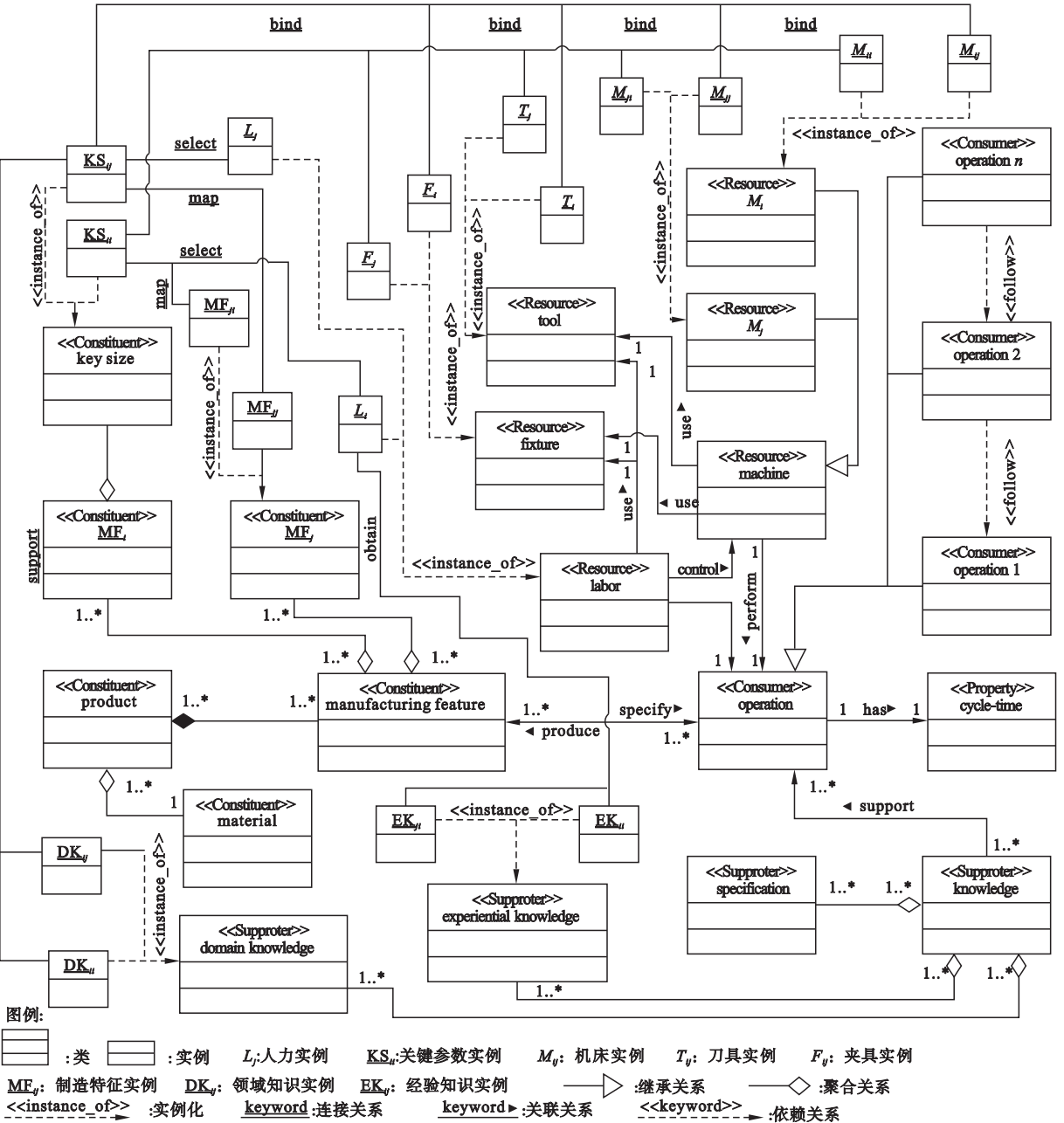


图 4 工艺族 UML 模型
Fig. 4 UML model of process family

2.2 工艺族模型信息表达

UML 模型向 XML Schema 转换的元模型如图 5 所示. 在 UML 中类是用于描述对象的一种

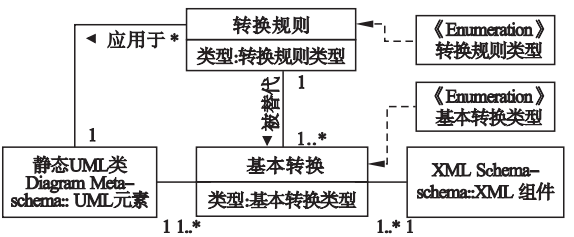


图 5 UML 向 XML 转换元模型
Fig. 5 Meta-model of the transformation from UML to XML

复杂的数据结构,包括类名及属性,可以转换为 XML Schema 中的 complexType,其中类名可以转换为 XML 中元素的 type,类的属性可以转换为 XML 中元素内容的描述,而类之间的关系可以表示为 XML 中引用,且可以对引用进行约束.表 3 给出了部分 UML 元素的 XML 转换示例.

工艺族模型的 XML Schema 以工艺族为根元素,包含 4 个用于实现的子元素.按照前文的 UML 模型与 XML Schema 的转换,在 Altova XMLSpy 设计环境下构建工艺族的 XML Schema 树状结构图如图 6 所示.基于该树状图可以方便地用 XML 描述工艺族实例.

3 实例分析

本文以卫星结构板为例 ,卫星结构板是依据各型号卫星的任务定制的、在各型号卫星上均大量采用的构件之一 ; “ 十二五 ” 期间我国某卫星研制企业的卫星结构板年均任务超过 900 块。结构板是由两块强度高、厚度薄的面板 ,并在其中间以轻质的芯材由胶黏剂胶接而成的夹层结构件 ,如图 7 所示。面板根据材质的不同 ,可分为复合材料面板和铝合金面板两种。结构板是各种型号卫星上最常见且大量采用的结构部件 ,目前卫星研制企业根据其材料和功用 ,已基本形成了结构板的产品族。

表 3 UML 元素的 XML 转换示例

Table 3 Examples of transformation between UML elements and XML
一般 UML 类
<pre>< element name = className type = classNameType / > < complexType name = classNameType > < sequence > < element name = typeName type = typeNameType minOccurs = "0" maxOccurs = "0" / > </sequence > < attribute name = "id" type = "ID" use = "required" / > </complexType ></pre>
一般 UML 属性
<pre>< element name = attributeName type = attributeNameType / > < complexType name = attributeNameType > < sequence > < element name = typeName type = typeNameType minOccurs = "0" maxOccurs = "0" / > </sequence > </complexType ></pre>
一般 UML 关系
<pre>< element name = associationName type = associationNameType / > < complexType name = associationNameType > < sequence > < element name = typeName type = typeNameType minOccurs = "0" maxOccurs = "0" / > </sequence > </complexType ></pre>

由于结构的相似性 ,结构板的研制过程同样存在相似性 ,其基本流程为 :零件机加→装配胶接→检验。其中零件机加主要完成面板的机加及蜂窝芯材的机加等工作 ,由面板的材料、制造特征及

关键参数等因素确定面板的机加工工艺可以分为 5 种类型 ,包括一般金属面板机加两类、加强金属面板机加两类和复合材料面板机加一类。卫星结构板面板如图 7 所示 ,其一般加工流程为 :①备料 ;②钹/钳 ;③数铣/激光切割 ;④合格品入库。对此 ,利用前文的建模方法 ,建立卫星结构板面板的机加工工艺族模型 ,如图 8 所示。在 Altova XMLSpy 环境下构建卫星结构板面板机加工工艺族的 XML Schema ,基于该 Schema 用 XML 文档创建面板机加工工艺族实例。

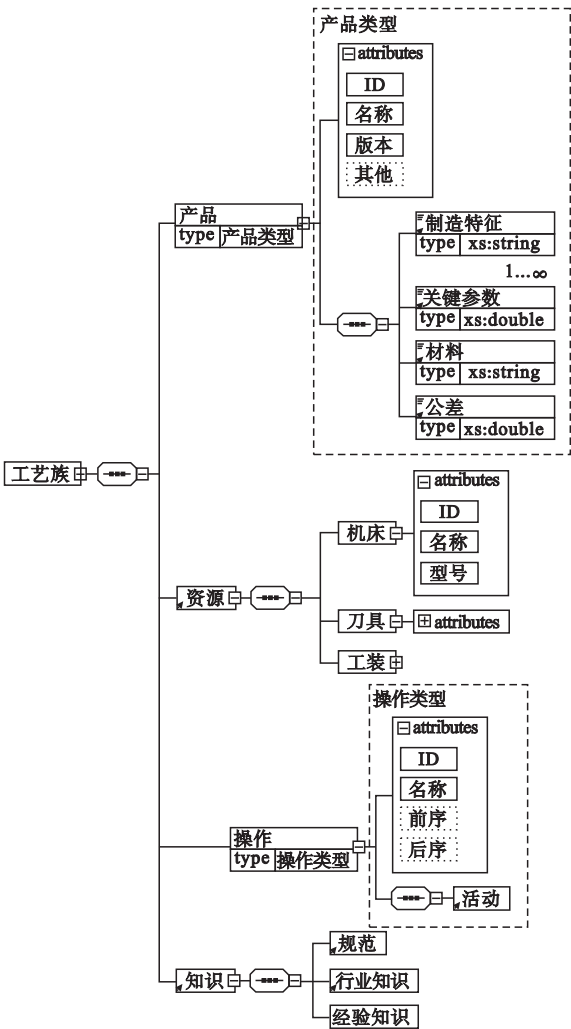


图 6 工艺族模型 XML Schema 的树状图
Fig. 6 XML Schema dendrogram of process family model

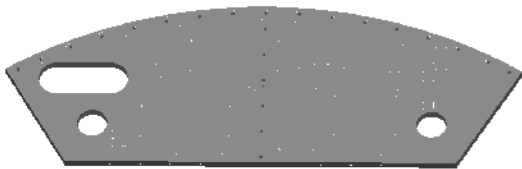


图 7 卫星结构板面板
Fig. 7 Satellite plate panel

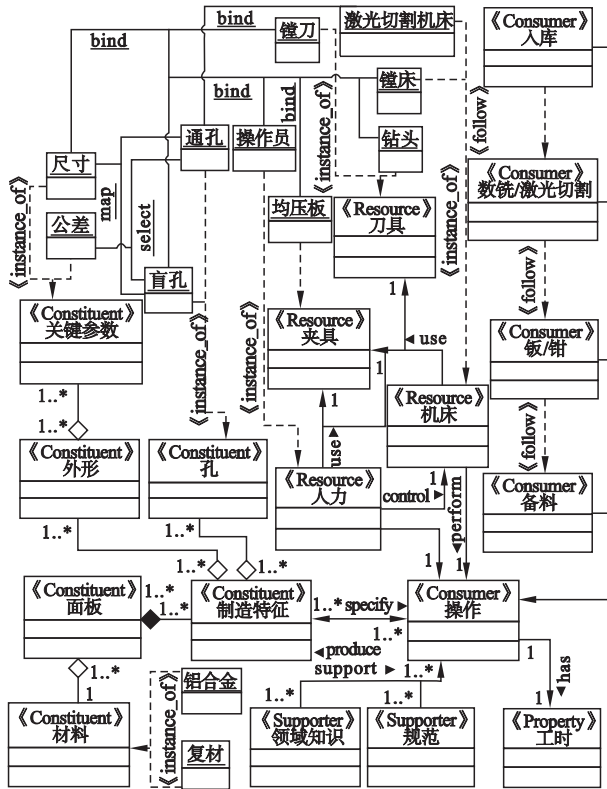


图 8 面板机加工工艺族模型

Fig. 8 Process family model of panel machining

4 结 语

工艺族信息模型有效的表达方法不仅能明确地表达工艺族元素之间复杂的关系,而且能够为工艺信息的传递与共享提供良好的载体.对此本文采用 UML 静态图对工艺族的概念模型进行了定义,同时为了满足企业不同系统间工艺信息的传递,将工艺族的 UML 模型转换为 XML Schema,建立了工艺族的逻辑模型,最后通过 XML 文档对工艺族模型进行了表达,即建立了工艺族的物理模型.此外,对于工艺族的工程化应用,工艺族的 XML Schema 与 XML 文档应当结合企业的实际需求进行详细设计与开发.

参考文献:

[1] 刘晓冰,董建华,孙伟.面向产品族的建模技术研究[J].计算机辅助设计与图形学学报,2001,13(7):636-641.

(Liu Xiao-bing ,Dong Jian-hua ,Sun Wei. Study of product family modeling[J]. *Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics* 2001 ,13(7) 636 -641.)

[2] Valilai O F ,Houshmand M. A collaborative and integrated platform to support distributed manufacturing system using a service-oriented approach based on cloud computing paradigm [J]. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 2013 ,29(1) :110 -127.

[3] Tsigkas A ,Chatzopoulos C. From design to manufacturing for mass customization [J]. *Advances in Production Engineering & Management* 2009(1) :19 -24.

[4] Yang D ,Miao R ,Wu H W ,et al. Product configuration knowledge modeling using ontology web language[J]. *Expert Systems with Applications* 2009 ,36(3) :4399 -4411.

[5] Šormaz D N ,Arumugam J ,Harihara R S et al. Integration of product design , process planning , scheduling , and FMS control using XML data representation[J]. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* ,2010 ,26(6) :583 -595.

[6] 黄强,林兰芬,董金祥.面向对象的工艺信息集成系统 GS-CAPP[J]. 计算机辅助设计与图形学学报,2001,13(7):642-646.

(Huang Qiang ,Lin Lan-fen ,Dong Jin-xiang. Object-oriented process information system : GS-CAPP [J]. *Journal of Computer-Aided Design & Computer Graphics* 2001 ,13(7) :642 -646.)

[7] 蔡长韬.基于 STEP/XML 的集成化工艺信息描述方法研究[J].计算机集成制造系统,2008,14(5):912-917.

(Cai Chang-tao. Description method of integrated process information based on STEP/XML[J]. *Computer Integrated Manufacturing Systems* 2008 ,14(5) 912 -917.)

[8] Simpson T W ,Siddique Z ,Jiao J X. Product platform and product family design :methods and applications[M]. New York :Springer 2005 377 -402.

[9] Zhang L ,Jiao J ,Helo P T. Process platform representation based on unified modelling language[J]. *International Journal of Production Research* 2007 ,45(2) 323 -350.

[10] Zhang L F. Process platform-based production configuration for mass customization [D]. Singapore : Nanyang Technological University 2007.

[11] Wang L ,Fu X Y ,Zhong S S. Generalized process family modeling based on process platform[C]// *Proceedings of the 20th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*. Berlin :Springer ,2013 :183 -196.