

# 支持产品平台创新的知识分类及其本体建模研究\*

侯 亮,王浩伦,贾鸿翅

(厦门大学 机电工程系,福建 厦门 361005)

**摘要:**产品平台创新和升级是实施大批量定制过程中保有和提升产品自主创新能力的瓶颈问题之一,对相关知识的组织、管理和应用在这一过程中起到不可替代的作用。首先分析了产品平台创新层次及其特点,给出了产品平台创新过程。分析了产品平台创新过程中的知识需求,并归纳了其知识分类体系。最后结合驱动桥领域,从本体类定义、属性定义和实例构建 3 个方面构建了知识本体模型。研究表明,该方法有效地支持了驱动桥产品平台创新知识分类管理,保障了创新过程。

**关键词:**产品平台;创新;知识分类;本体;知识建模

**中图分类号:**TH165;TP182

**文献标识码:**A

**文章编号:**1001-4551(2010)11-0001-04

## Research on knowledge classification and ontology modeling for product platform innovation

HOU Liang, WANG Hao-lun, JIA Hong-chi

(Department of Mechanical & Electrical Engineering, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

**Abstract:** Product platform innovation-upgrading is one of the bottlenecks of maintaining and enhancing independent innovation ability in the process of implementing mass customization, related knowledge organization-management-application in the process played an irreplaceable role. Firstly, the innovation hierarchy of product platform and its characteristic were analyzed and the innovation processes of product platform were put forward. Then the knowledge requirements in the innovation processes of product platform and its knowledge classification architecture were proposed. Finally, combined with the ontology class definition, ontology attribute definition and ontology instance structure, the application of knowledge model in diver axis platform innovation was given. The results indicate that effectiveness of this method is validated by supporting knowledge classification management of diver axis platform and ensuring its innovation process.

**Key words:** product platform; innovation; knowledge classification; ontology; knowledge modeling

## 0 引 言

随着企业产品开发和生产已从大规模生产模式转向以客户为中心、关注客户真实需求的大规模定制(Mass Customization)模式,基于产品平台(Product Platform)的新产品开发模式已成为企业关注的焦点<sup>[1]</sup>。能否根据市场变化、技术发展及资源能力等进行产品平台的优化、创新和升级,将成为企业实施大规模定制过程中能否保有和提升产品自主创新能力的瓶颈问题之一。

知识密集(Knowledge intensive)和协作性(Collaborative)逐渐成为现代企业产品开发过程的主要特征<sup>[2]</sup>。“知识已经成为关键的经济资源,而且是竞争优势的主导性来源,甚至可能是唯一的来源”<sup>[3]</sup>。实现大规模定制下的平台产品创新设计,需要为决策者、设计参与者提供全面的知识支持,围绕产品族、产品的知识管理已成为研究的热点之一。文献[4]建立了一种基于类物料清单的产品族结构模型,应用面向对象方法对模型进行了形式化定义,并给出了模型的数据

收稿日期:2010-07-02

基金项目:国家自然科学基金资助项目(70772093);福建省科技重大专项资助项目(2008HZ0002-1);福建省高等学校新世纪优秀人才支持计划资助项目(未提供)

作者简介:侯 亮(1974-),男,河南许昌人,教授,博士生导师,主要从事现代设计理论与方法、研发管理等方面的研究. E-mail: hliang@xmu.edu.cn

结构以及具体的配置推理过程与算法。文献[5]在分析大批量定制模式下配置设计知识的基础上,规划面向产品族的配置本体、知识域及其属性,提出基于面向对象思想的产品配置设计模块。如文献[6]将产品族设计知识划分为产品族信息和产品族设计过程知识以支持产品族规划与设计。文献[7-9]针对产品概念设计,从功能、结构、原理、实例4个方面构建了基于本体的设计知识模型。文献[10]提出了由产品主结构维、产品组维和视图维构成的产品族生命周期的3维模型。文献[11]构建了产品结构和基于参数化技术的模块设计的双层产品族知识模型。

上述研究为产品族、产品平台的知识管理和应用做出了大量有益工作,这些研究主要集中在产品结构模型、实例模型、需求模型等方面,对知识的概括还不够全面且各类知识之间的联系不够紧密。为此,本研究分析了产品平台创新过程,归纳总结了其知识需求及知识分类体系,并构建了其知识本体模型。

## 1 产品平台创新过程

### 1.1 产品平台创新层次及其特点

基于平台的产品研发与传统单一产品研发的创新过程、方法以及组织模式等有很大不同,它面向一定市场区间,以产品基础框架为主,组织、优化组成部件的技术、结构元素,最终形成以企业产品平台为核心的企业产品研发体系。产品平台创新层次如图1所示,根据产品平台创新的级别以及难易程度将产品平台的创新分为以下3种方式<sup>[12]</sup>:①优化创新,产品平台模块的核心技术、功能、结构上不做太大的变化,只对产品平台模块参数尺寸进行一定的改变,生成新的模块;②扩展创新,在原有的产品平台的基础上添加、删除、替换新的模块,产品平台的核心技术并没有改变;③升级创新,新的核心技术与专利在产品平台创新过程中的运用,使得产品在功能与结构上发生根本的改变。

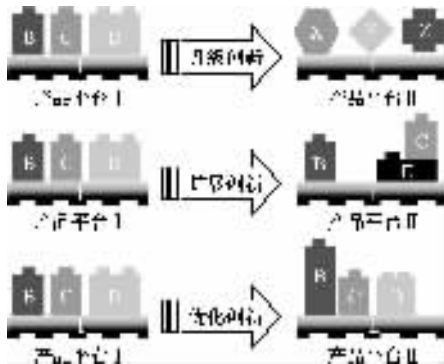


图1 产品平台创新层次

### 1.2 产品平台创新过程

优化创新主要以模块参数驱动为主,对平台变异模块进行重新参数化设计;扩展创新主要以模块功能驱动为主,在原有的产品平台的基础上添加、删除、替换新的功能模块;升级创新涉及到产品平台或模块的核心技术,需要投入大量的资源与成本进行新平台的开发。针对产品平台3种创新层次,本研究提出了产品平台优化创新过程、扩展创新过程以及升级创新过程:

(1) 优化创新:质量功能配置(Quality Function Deployment, QFD)是一种把用户需求作为最终质量保证因素并映射到产品开发活动中的系统化方法。运用QFD将客户需求转化为相应的变异模块参数需求;判断通过参数化变型是否可得到新的变异模块,是,则通过参数化变型设计出新的变异模块,否,则进行该模块创新设计;如果存在满意的方案,则设计结束后将新的模块添加到产品平台,否则重新进行实例的选择;设计结束,将新设计出的模块添加到模块实例库。

(2) 扩展创新:运用QFD将客户需求转化为相应的模块功能需求。判断是否有盈余功能需求,是,则需要添加模块,进行基于功能模块的相似实例初选,将各相似模块实例的功能结构与所要设计模块的功能结构进行比较,得到最优的模块相似实例;判断是否有需求盈余模块,是,则需要删除模块,并对其邻接模块进行相应模块创新设计;如果既无盈余功能需求,也无盈余需求模块,则根据不匹配功能或不匹配需求,通过功能需求或参数需求对相应模块进行模块创新设计;如果存在满意的方案,则设计结束后将新的模块添加到产品平台,否则重新进行实例的选择;设计结束,将新设计出的模块添加到模块实例库。

(3) 升级创新:若把新的发明技术原理应用于产品平台的核心技术上,原有的产品平台在功能、原理与结构上将会产生质的飞跃。新技术主要体现在新专利上,基于专利的核心模块相似实例搜索确定新专利所对应的核心模块;通过基于专利的核心模块创新设计得到新模块的方案;如果存在满意的方案则设计结束,将新的模块添加到产品平台,否则重新进行实例的选择;设计结束,将新设计出的模块添加到模块实例库。

在优化创新过程中,若通过参数化变型设计无法生成新的变异模块,则进行该模块创新设计;在扩展创新过程中,若删除模块对其邻接模块有影响,则应进行邻接模块创新设计。对于添加模块,通过功能需求或参数需求对相应模块进行模块创新设计;在升级创新中,通过基于专利的核心模块创新设计可得到新模块的方案。

模块创新设计是基于功能原理,而专利信息中蕴

含了大量的功能原理信息,因此基于专利的模块创新设计在产品平台创新过程中有着极其重要的作用。首先根据目标设计产品的功能与性能需求进行专利的检索,生成符合条件的专利列表,选择创新切入点进行功能-效应-结构设计。这种创新设计方法分为 3 种创新层次:功能创新、效应创新、结构创新。功能创新设计是在满足功能目标的前提下,通过功能替换或功能增加等方法实现创新设计;效应创新设计是对实现每一项功能的效应进行组合,得到新的效应组合方案;结构创新设计是对新的效应组合中的每一项效应的实现结构进行组合,形成结构组合方案。

## 2 支持产品平台创新的知识需求与知识分类体系

产品平台创新过程包括优化创新、扩展创新、升级创新以及模块创新设计。优化创新和扩展创新都是以需求为驱动的,运用 QFD 技术将需求转换为模块参数需求和功能需求,通过“变异模块-参数及模块-功能”的关联在模块库中搜索相似实例。构建“功能-模块”的关联以支持基于功能的模块实例搜索。升级创新是以新技术为驱动的,新技术主要体现在新专利上,因此需要建立模块与专利之间的关联以支持相应技术对应的模块。模块创新设计是以创新知识库为知识支持的,需要构建专利与功能、功能与效应、效应与结构等之间的关联。

将产品平台创新过程的知识体系从概念类、属性和关联 3 个方面来组织。概念类主要有评价知识类、产品平台结构类和创新知识类,其中产品平台结构类分为产品平台、产品族、模块、结构,创新知识类分为专利、功能、性能、效应。属性主要有基本属性、创新知识属性、评价指标属性等。关联表示类与类之间的关系,如产品平台所对应的产品族,专利对应的效应等。支持产品平台稳定性评价与创新过程的知识需求与知识分类体系如图 2 所示。

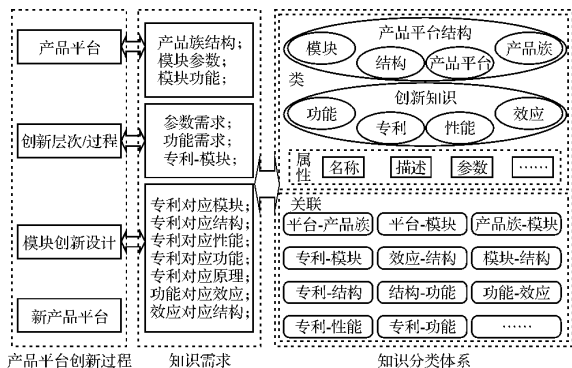


图 2 支持产品平台创新过程的知识分类体系

## 3 支持产品平台创新的知识本体建模

采用本体建模有助于知识共享、知识推理与知识检索。知识本体可定义为一个 4 元组  $O = (C, R, A, I)$ ,其中,  $C$  是概念的集合,用以进行本体类的定义;属性  $R$  表示各领域知识之间的关系;  $A$  表示属性  $R$  的取值范围;  $I$  是实例的集合。本体模型中的类 Class、属性 DatatypeProperty 和属性 ObjectProperty 分别对应知识结构模型中的类、属性、关联。本体是面向特定领域的,用于描述领域知识的概念模型,要求模型中的概念至少在某个特定的领域或者某个范围内是公认的。因此,本章将以驱动桥为实例,构建驱动桥领域相关本体。

### 3.1 本体类定义

本体类主要有评价知识、产品平台、产品族、模块、结构、专利、效应、功能、性能。另外,针对驱动桥领域应分别添加上述类的子类(Sub Class Of),主要有驱动桥产品系列、驱动桥模块、驱动桥结构、驱动桥专利、驱动桥效应术语、驱动桥功能术语、驱动桥性能术语,驱动桥产品平台直接作为产品平台类的实例,不另作子类进行定义。一个类的实例不能同时是其他类的实例,这些类是不相交的(Disjoint Classes)。例如,Effect 类的实例不能同时是 Function 类的实例。

### 3.2 本体属性定义

从知识分类体系中可以看出,关联主要有“组成”、“由...组成”和“对应”,则相应的本体 ObjectProperty 属性定义为:Compose、Corresponding、isComponentOf。在这些关联中有些是具有相反性,例如属性 pf\_Corresponding\_pp 和属性 pp\_Corresponding\_pf,因此应该将属性 pf\_Corresponding\_pp 设置为属性 pp\_Corresponding\_pf 的反属性(Inverse properties);对于这些关联,应该相应地设置其定义域和值域,如属性 pf\_Corresponding\_pp 的定义域(Domains)为 ProductFamily,值域(Ranges)为 ProductPlatform;属性与属性之间应该设置为不相交(Disjoint properties)。

对于 Datatypeproperty 属性,大多数类的基本属性主要为名称(Name)和描述(Description),结构、模块和专利有较多的基本属性,因此可以从结构基本属性(has\_S)、模块基本属性(hasBI\_M)、专利基本属性(hasBI\_P)、评价知识基本属性(has\_EK)和其他基本属性(hasName,hasDes)5 个方面进行描述。

### 3.3 本体实例构建

(1) 驱动桥产品平台实例。

驱动桥产品平台主要由轮边减速模块、制动模块、

桥壳模块、半轴模块、输入模块、差速器模块、选配模块、标准模块 8 个模块组成。驱动桥产品平台为产品平台类的实例, YZ12 为驱动桥产品族类的实例, 两者之间由 ObjectProperty 属性 pp\_Corresponding\_pf 进行关联。产品平台实例与模块实例关联、产品族实例和模块实例关联、模块与结构关联以及模块与参数关联分别为 pp\_isComposed\_of\_m、pf\_isComposed\_of\_m、m\_isComposed\_of\_s、hasBI。部分驱动桥产品平台结构本体模型如图 3 所示。

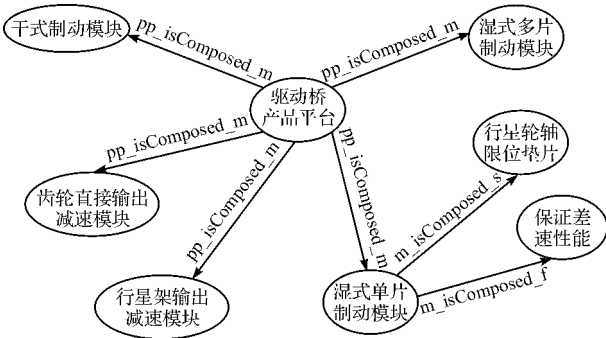


图 3 驱动桥产品平台结构本体模型(部分)

(2) 创新知识本体实例。

专利与基本信息之间的关联为 hasBI\_P; 专利与功能关联、专利与性能关联、功能与效应关联分别为 pat\_Corresponding\_f、pat\_Corresponding\_per、f\_Corresponding\_e, 部分创新知识本体模型如图 4 所示。

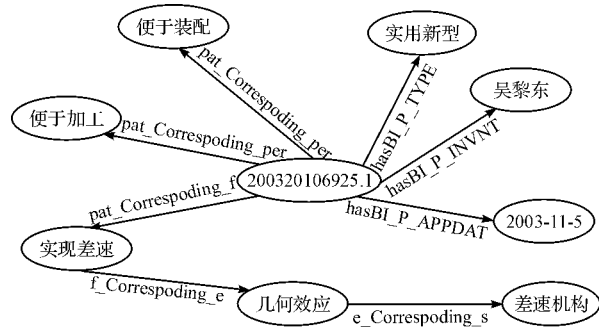


图 4 驱动桥专利创新知识本体实例模型(部分)

### 4 结束语

实施知识管理策略的重点之一在于对于不同的问题提出相应的解决方案, 而在解决方案的设计过程中知识模型的构建起着至关重要的作用。本研究针对产品平台创新过程的知识需求, 总结了支持产品平台创新的知识体系, 并相应地构建了知识本体模型。在知

识本体模型的运用方面, 本体推理可以辅助人们建立、维护和应用本体等, 因此如何进行支持产品平台创新的知识本体推理设计将是下一步研究的重点。

### 参考文献 (References):

- [1] MEYER M H, UTTERBACK J M. The product family and the dynamics of core capability [J]. **Sloan Management Review**, 1993, 34(3): 29 - 48.
- [2] BALASUBRAMANIAM R, AMRIT T. Supporting collaborative process knowledge management in new product development teams [J]. **Decision Support Systems**, 1999, 27(1 - 2): 213 - 235.
- [3] [美]拉格斯, [美]霍尔特蒂斯. 知识优势: 新经济时代市场制胜之道 [M]. 吕 巍, 吴韵华, 蒋安奕, 译. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [4] 但 斌, 冯 韬. 基于 GBOM 的产品族结构模型和配置方法 [J]. **管理学报**, 2005, 2(4): 422 - 425.
- [5] 何陈棋, 谭建荣, 张树友, 等. 基于本体论和知识规则的大批量定制配置设计技术研究 [J]. **中国机械工程**, 2004, 15(9): 783 - 787.
- [6] ZHA X F, SRIRAM R D. Platform-based product design and development: a knowledge-intensive support approach [J]. **Knowledge-Based Systems**, 2006, 19(7): 524 - 543.
- [7] 胡 建, 廖文和, 徐 勇, 等. 基于本体的概念设计知识管理系统框架研究 [J]. **中国机械工程**, 2006, 17(2): 173 - 176.
- [8] 余海亮, 赵 勇. 基于公理设计与 TRIZ 的概念设计知识管理研究 [J]. **机械**, 2008, 35(12): 51 - 54, 78.
- [9] 舒红刚, 干 静. 基于用户需求的产品概念设计原理与方法 [J]. **机械**, 2008, 35(7): 43 - 46.
- [10] 纪杨建, 祁国宁, 顾巧祥. 产品族生命周期数据模型及其演化研究 [J]. **计算机集成制造系统**, 2007, 13(2): 240 - 245.
- [11] YU J H, ZHAN H F. Product family knowledge modeling for mass customization [C] // Proceedings of the 2009 International Joint Conference on Computational Sciences and Optimization. USA: IEEE Computer Society, 2009: 1016 - 1019.
- [12] HOU Liang, WANG Hao-lun, LIU Yu-yi. Research on product platform innovation and evolution based on life cycle [J]. **Key Engineering Materials**, 2010, 431 - 432(3): 82 - 85.

[编辑: 张 翔]