

# 支持大批量定制的知识管理方法研究

鲁玉军<sup>1</sup> 邓心伟<sup>1</sup> 王春青<sup>2</sup>

1. 浙江理工大学, 杭州, 310018 2. 浙江经贸职业技术学院, 杭州, 310018

**摘要:**针对知识管理现状,提出了以 PDM 系统为平台的支持大批量定制的知识管理方法,阐述了知识管理中采用大批量定制的设计技术和产品数据管理技术的原理。结合某汽车制造企业的实际数据,搭建了企业知识库。实践证明,该方法实现了知识重用,提高了企业实施大批量定制的能力。

**关键词:**大批量定制;知识管理;产品数据管理系统;知识重用

**中图分类号:**TP399

**DOI:**10.3969/j.issn.1004-132X.2012.13.011

## Research on Methods of Knowledge Management for Mass Customization

Lu Yujun<sup>1</sup> Deng Xinwei<sup>1</sup> Wang Chunqing<sup>2</sup>

1. Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou, 310018

2. Zhejiang Economic & Trade Polytechnic, Hangzhou, 310018

**Abstract:** Aiming at the present situation, a method of knowledge management based on PDM system for MC was brought forward, and principles of using design techniques for MC and PDM in knowledge management were presented. Combined with the actual data in one car manufacturing enterprise, a corporate knowledge base was established. The practice shows that the method realizes knowledge reuse and improves the ability of enterprises to implement MC.

**Key words:** mass customization (MC); knowledge management; product data management (PDM); knowledge reuse

## 0 引言

大批量定制是以大批量生产成本和速度,为客户提供定制的多样化、个性化产品和服务的主流生产模式<sup>[1-2]</sup>。大批量定制生产方式认为影响产品成本、产品利润和竞争能力的主要是开发、生产该产品所需知识的价值,而不是材料、设备或劳动力。随着产品结构、开发过程的复杂化,产品功能也趋向于集成化和复合化,产品开发所需要的知识越来越多。产品设计活动要求实现知识在协同开发设计人员之间的有效共享和传递,使开发人员能够快速获得并将所需知识融入产品,实现产品快速响应开发设计,这是实现大批量定制的关键<sup>[3-5]</sup>。知识作为企业的独特资源越来越受到重视,知识管理是产品创新开发设计中快速获取知识的有效途径,是大批量定制管理技术的重要组成部分<sup>[6-11]</sup>。当前大部分企业实现知识管理的方法还只是停留在纸质文档和文件服务器的阶段,知识重用率低、数据分类不合理,没有统一的知识管理平台,不能很好地利用现有资源支持大批量定制的开发设计和过程设计。针对上述问

题,本文提出了一种支持大批量定制的知识管理方法,结合大批量定制开发设计技术,着重研究了实现知识管理的关键技术原理,并阐述了在 PDM 系统中实现知识管理的方法和步骤。

## 1 支持大批量定制的知识管理

大批量定制强调利用企业现有资源,基于相似性、重用性、全局性原理批量生产满足客户个性化需求的产品。企业在长期实践中积累了丰富的知识经验,包括企业标准件、企业标准法规、企业产品设计经验、历史数据、各种文档等。企业实施大批量定制的能力体现在对知识的积累和重用,对知识的管理就是为了提升企业大批量定制的能力。

经调查发现,大部分企业对知识的管理和重用主要停留在纸质文档和文件服务器的阶段。纸质文档无法管理三维数据,并且存在归档不及时、版本概念模糊、更改困难、查询不方便、不能自动建立两个文档之间联系、无法有效重用等问题。文件服务器的数据唯一性、准确性很难得到保证,数据没有有效分类,只是简单利用操作系统的文档管理功能,而且数据的查询和重用对设计人员的要求很高。设计人员必须要对文件服务器上的各种数据的存放位置非常了解,这些都是对知识重用非常不利的。

针对目前企业知识管理存在的问题,本文提出一种新的知识管理方法,即以产品数据管理系

**收稿日期:**2011-07-07

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(50805133);浙江省重点科技创新团队项目(2009R50018-9);浙江省自然科学基金资助重点项目(LZ12F03003);浙江省自然科学基金资助项目(Y6110478);浙江省哲学社会科学规划课题(10CGYD101YBM)

统(PDM)为平台搭建企业知识库,将企业的产品、过程、制造和服务信息整合到单一的安全知识源中。PDM 系统能够管理跟产品有关的所有信息,对这些信息的管理就包括了对知识的管理。企业知识库支持产品的开发设计、工艺过程规划、采购销售、生产制造、产品服务。图 1 描述了基于 PDM 系统的支持大批量定制的知识管理平台。图中的双向箭头表示企业知识库不仅支持各个过程,而且还不断地对各个过程的知识进行规范化、标准化管理。利用该平台,设计人员可以查询零部件的重用情况、查询和调用零件库里的标准零件、查询材料的各种性能参数和企业积累的各种标准法规及项目文档、实现零部件变型设计、管理经过固化的企业知识经验。

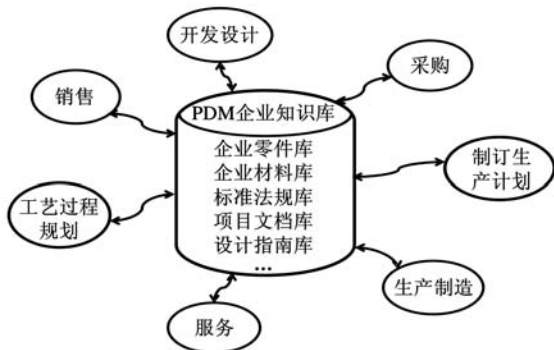


图 1 基于 PDM 系统的支持大批量定制的知识管理平台

## 2 支持大批量定制的知识管理关键技术原理

大批量定制对知识管理的需求是知识管理发展的主要拉动力,而 IT 技术、PDM 系统、产品建模、CAx 等各种技术的进步是知识管理的主要推动力<sup>[12-14]</sup>。产品数据管理是实现大批量定制的关键技术,以 PDM 系统为平台实现支持大批量定制的知识管理,需要结合大批量定制的开发设计技术(如零部件分类和零部件主模型技术等),并且还需要将开发设计技术与 PDM 系统相结合,如元数据管理、图文档管理、分类管理等。图 2 描述了支持大批量定制的知识管理技术体系。

### 2.1 零部件分类

零部件分类是建立企业零件库的基础。零部件分类分为零部件 ABC 分析和零部件层次结构划分两个步骤。

(1)零部件 ABC 分析。在制造类企业中,运用 Pareto 法则发现不到 20%的零部件占总成本的 80%。这 20%的零部件很大程度上决定了产品的内部多样化和外部多样化。为了尽可能减少

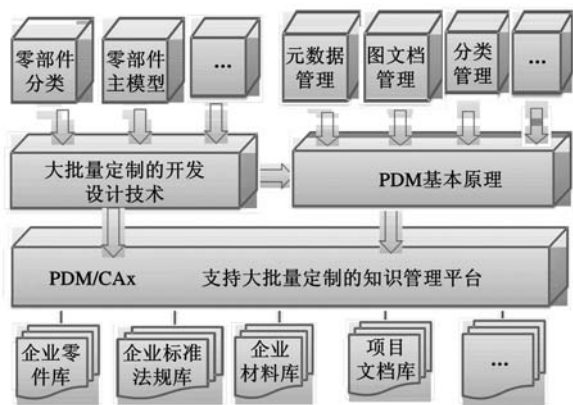


图 2 支持大批量定制的知识管理技术体系

产品内部多样化、增加产品外部多样化,必须运用 ABC 分析法对企业零部件资源进行分类。A 类零部件是需要专门开发设计的零部件,B 类零部件是可以在零部件主模型基础上实现变型的零部件,C 类零部件是标准件和通用件。为了减少产品内部多样化,应尽可能将 A 类零部件变为 B 类零部件,将 B 类零部件变为 C 类零部件。

(2)零部件层次结构划分。合理的零部件层次结构划分能为设计人员提供有效的检索手段,这里采用一种面向对象类的零部件层次结构。零部件的层次结构是一个包含嵌套类的树状结构。“类”是具有相同或相似特性的一组对象的集合,它为属于该类的全部对象提供统一的抽象描述<sup>[15]</sup>,一个类可以派生出具有相同属性的不同对象。可以把分类层次结构的划分抽象为类的划分。如图 3 所示,零部件的层次结构被分为三部分:组、类和对象。组是显示相关类和对象的集合。类包括抽象类、存储类。抽象类是合并存储在存储类中使用的共同属性。存储类是存储实例的类,它继承抽象类的属性,可位于层次结构中的任何地方。对象代表具体的实例。一个组可以分为多个抽象类,一个抽象类可以分为多个存储类,类与类之间、类与实例之间通过属性来建立关联关系。下文企业零件库的层次结构就是利用该方法建立的。

### 2.2 零部件主模型

零部件主模型包括几何模型和事物特性表(SML)<sup>[16]</sup>,通过事物特性表中的参数驱动几何模型实现变型设计。零部件主模型分为几何形状、零件和部件主模型三个层次。零件几何模型和相对应的事物特性表相结合就是零部件主模型。图 4 描述了通过蜗杆主模型产生不同规格的蜗杆,事物特性表中的 AAA~AAG 为事物特性。对事物特性赋予不同的值可以产生识别码为 0001、0002、0003 的不同蜗杆。

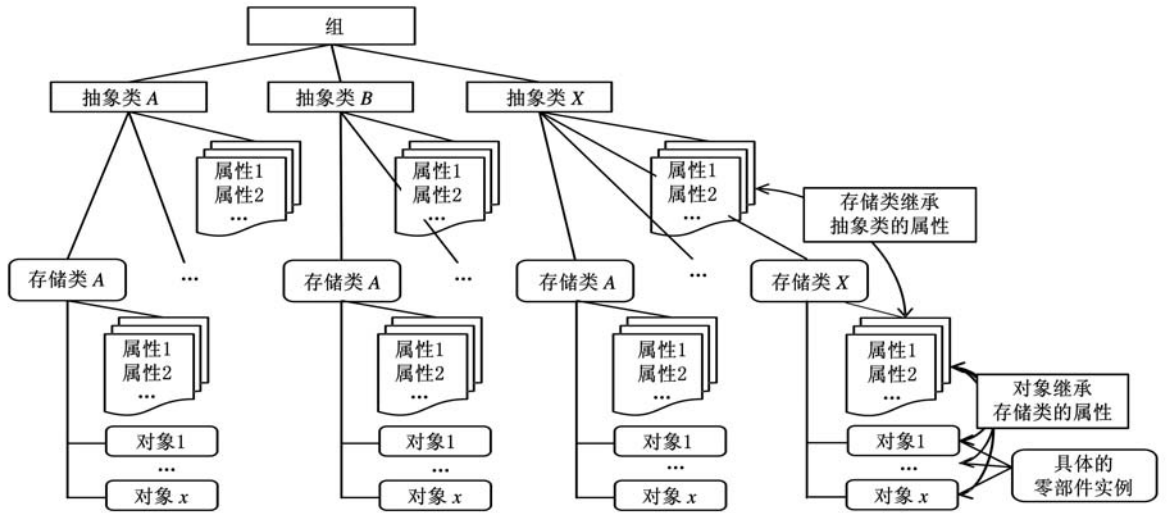


图3 面向对象类的零部件层次结构划分

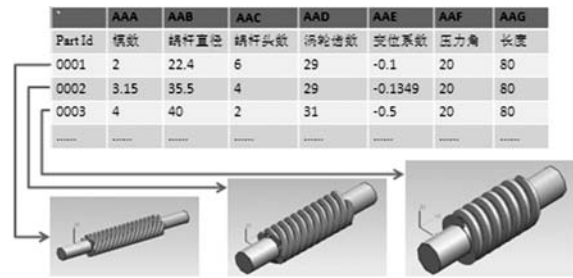


图4 蜗杆主模型

### 2.3 元数据

知识的管理就是对产品相关信息的管理,对其进行标准化、规范化、模块化,使其成为能够反复重用的产品知识。产品相关信息由不同主记录和各种不同文档组成<sup>[17-18]</sup>。主记录是描述对象的属性,如文档主记录、图纸主记录、模型主记录和零部件主记录。主记录与文档之间的联系通过元数据进行关联。元数据是PDM中用以管理数据的数据,如描述图纸特性的图号、图名、比例、图纸存放路径等。每一项元数据对应PDM中的一个属性项,元数据(属性项)的集合就构成了属性集<sup>[19]</sup>。对零部件和文档的分类、编码、查询就是对其元数据的管理,如当设计的零部件模型里有材料这个属性,需要查询材料是45钢的零部件,通过PDM系统就可以搜索出所有材料是45钢的零部件。元数据与主记录存在必要的冗余,这样就能够主记录与文档之间建立联系。图5中描述了主记录、元数据、文档之间的联系。主记录定义了零件号、中文名称、零件版本、材料、重量等重要属性。元数据除了位置地址这个属性外,其他的属性跟主记录的属性是一样的。主记录与元数据通过零件号这个唯一识别码建立联系,元数据位置地址存放指向物理数据的引用指针,这样主记录根据元数据与文档建立联系。

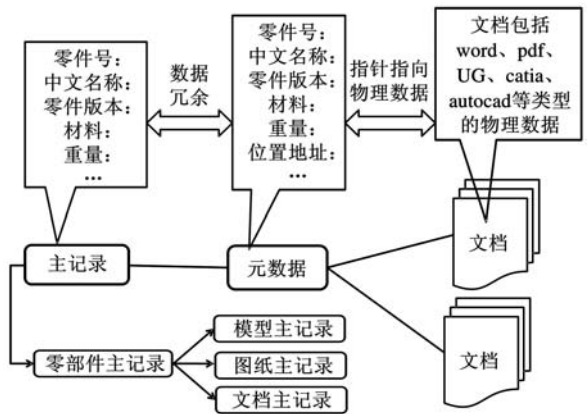


图5 主记录、元数据、文档之间的关系

### 2.4 图文档管理

产品在其生命周期不同阶段都会产生和利用大量图文档数据。对产品图文档进行有效的分类、查询和重用,可以提高设计效率,改善设计质量。PDM系统的图文档管理以产品为中心,它把产品(包括零部件)对象映射为系统中的管理对象(Item),每个管理对象中存放了产品整个生命周期中的所有相关数据,如三维数模、二维图纸、版本信息、技术明细、任务书、说明书等。Item可以代表不同数据类型如零件、装配件、标准件、文档和标准法规等。每个Item下可以有不同的版本(ItemRevision)。产品对象上层以文件夹形式来组织。文件夹分为不同的层次,用户可以按照自己的方式来组织(如按照项目、产品类型来划分文件夹)。描述Item对象的主记录(如文档主记录、图纸主记录、模型主记录和零部件主记录)和元数据存放在数据库中,物理数据存放在卷服务器中。物理数据的类型用数据集对象(Dataset)来描述,它指向卷服务器中具体的产品数据对象。每个用户都有一个可以组织管理数据和文档的工作区

(Workspace),它是数据库的预处理区。在工作区建立的 Item 对象、数据集和主记录表示的是一种引用关系。通过引用关系能对图文档进行版本管理、数据保护、属性管理、数据分享存取管理、数据查询等。图 6 描述了基于 PDM 系统的图文档管理技术原理。下文零件知识库、标准法规知识库、项目文档知识库都是基于这个原理建立的。

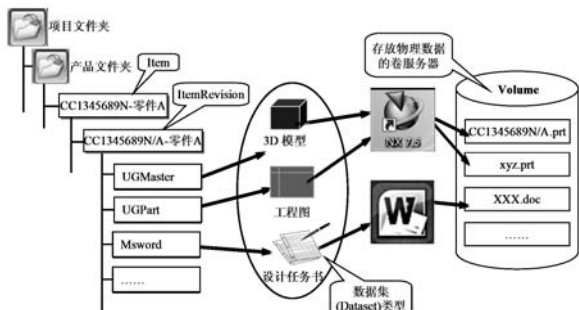


图 6 PDM 系统图文档管理技术原理

### 3 在汽车行业的应用

本文以 PDM 系统 Teamcenter 为知识管理平台,结合某汽车企业实际情况搭建企业知识库。企业知识库包括企业零件知识库、企业材料知识库、企业标准法规库、项目文档知识库等。

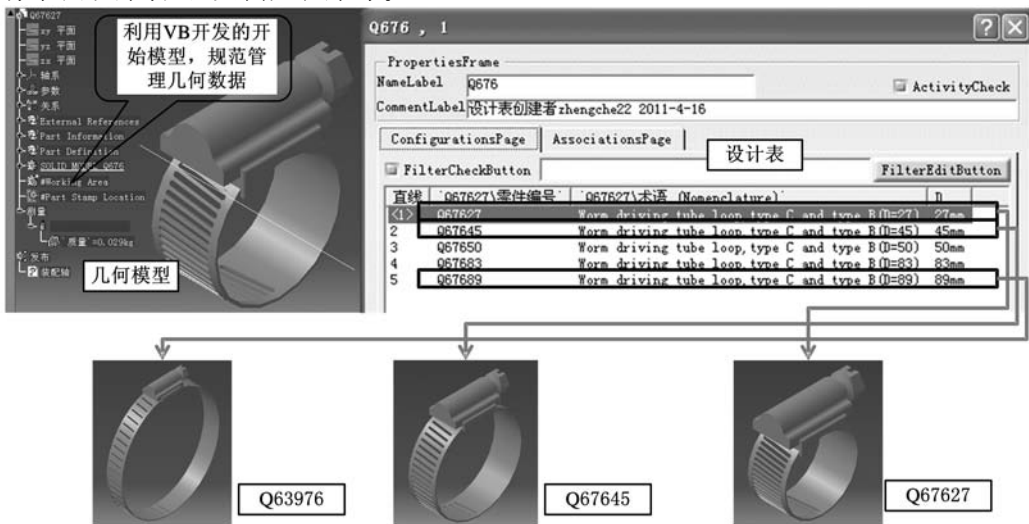


图 7 CATPart 开始模型与 B 型和 C 型蜗杆传动式软管环箍的主模型

支持大批量定制的知识管理强调知识的可继承性和可重用性,利用 PDM 系统基于事物特性的分类管理模块对零部件进行分类管理,便于查询和重用零部件。图 8 所示为基于 Teamcenter 的分类模块建立的汽车行业标准件库。左边为标准件的层次结构,采用面向对象类的方法划分标准件的层次结构。组为汽车行业标准件,抽象类为金属标准件和非金属标准件,金属标准件又分为螺栓、螺柱、螺母等 7 个大类。存储类分为 Q110 手工焊接用焊接螺柱、Q140 六角头螺栓和平垫圈组合件、Q72310 密封垫圈等 46 个类别。

### 3.1 企业零件知识库

企业零件知识库包括汽车行业标准件、企业标准件、外协件、通用件、变型件。这里以汽车行业标准件为例。汽车行业标准件有 297 个类别,通过零部件 ABC 分析,发现企业目前所有车型只使用了 46 个类别的标准件,企业新研发车型的标准件优先从这 46 个类别中挑选。企业使用标准件的原则是减少标准件的类别,新的标准件能用目前企业标准件替换的尽量替换。当需要添加新标准件时,利用零部件主模型派生出新的实例。图 7 描述了利用 CATIA 建立的一个基于事物特性表的 B 型和 C 型蜗杆传动式软管环箍的主模型。为了规范化管理几何模型的数据,运用 VB 语言开发了统一的 CATIA 开始模型,开始模型指的是产品设计模板,分为 CATPart、CATProduct、CATDrawing。开始模型中定义了特定的属性和图纸的格式,对设计元素的分类和在模型树中的存放位置进行了严格的规范化自动控制。利用 CATIA 系统的设计表实现了环箍事物特性表功能,识别码采用汽车行业标准,如 Q63976。表中的事物特性不同,产生的环箍实例也不同。

存储类下面是具体的标准件实例对象,即标准件的引用指针,通过这些指针能够查找和打开存储在 PDM 数据库中的标准件数模。窗口右边为标准件的事物特性如英文名称、引用标准、螺纹规格、螺距、长度 L、表面处理、材料等。标准件的查询就是事物特性的查询。利用 PDM 分类模块能够对标准件进行统一管理、查询和借用。

### 3.2 企业材料知识库管理

材料知识库是企业知识库的重要组成部分。设计工程师设计时经常需要了解零件的材料是什么。CAE 工程师不仅要了解零件的材料,还必须

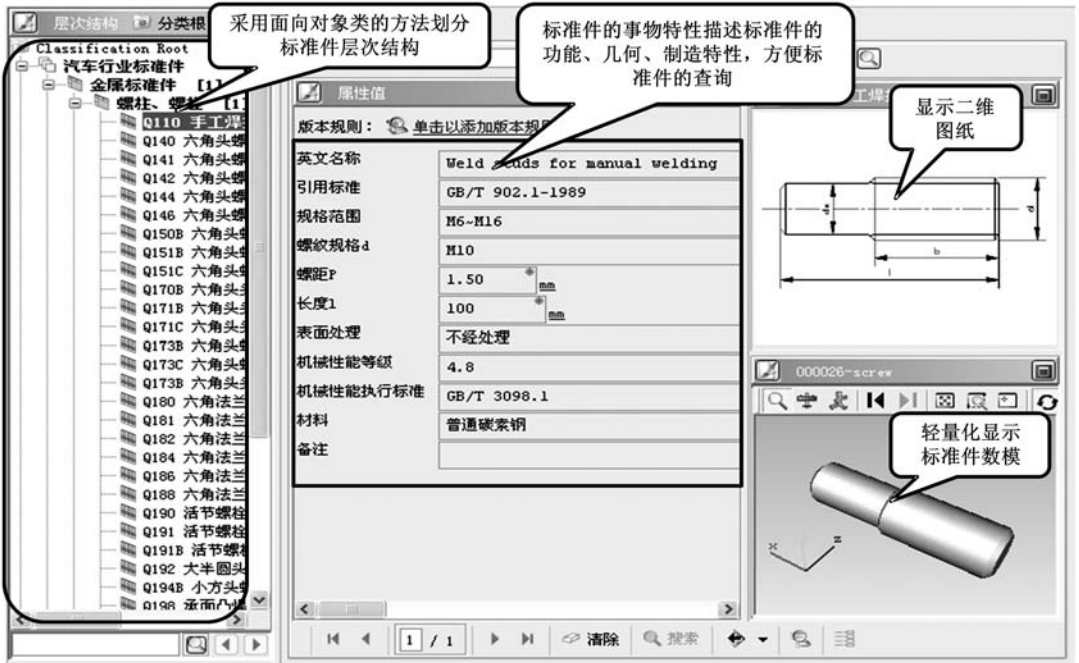


图 8 Teamcenter 分类管理的汽车行业标准件知识库

知道材料的具体性能参数。工艺工程师要参考零件的材料编制加工工艺过程。采购部门根据零件的材料采购零部件。合理的选用材料能够降低产品成本。图 9 描述了某汽车企业基于 Teamcenter 分类模块建立的材料知识库,运用面向对象的方法划分材料知识库的层次结构。零件属性包含材料和材料规格,如零件材料是塑料,材料规格是 PP+T20。利用 Teamcenter 的搜索功能可以查询零件材料是 PP+T20 的所有零件。PP+T20 的具体性能参数,如密度、熔融指数、拉伸强度、断裂伸长率、弯曲模量、硬度等,可以通过在材料库中查询。查询有两种方式:一种是通过材料库的层次结构快速定位,一种是输入材料的事物特性查询。

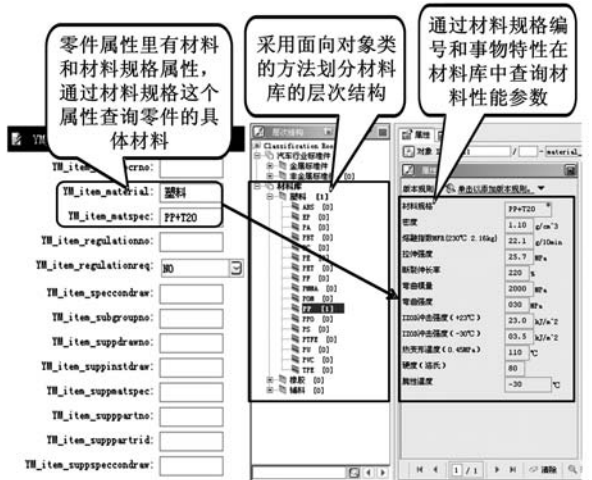


图 9 基于 Teamcenter 的材料知识库

### 3.3 企业标准法规管理

开发新产品需要查看各种最新的技术标准和

法规。企业在长期实践中积累了大量的宝贵技术标准和法规,包括各种国家标准、企业标准、参考标准等。标准法规是知识传承的重要途径。工程师头脑中属于经验、方法、技巧的隐性知识可以通过知识固化以标准法规的形式转换为显性知识。目前大部分企业管理和查询标准法规只是停留在文件服务器和纸质文档阶段,效率低,也不准确,增加了不必要的成本。图 10 描述了某汽车企业基于 Teamcenter 系统,采用文件夹方式多层级管理标准法规。

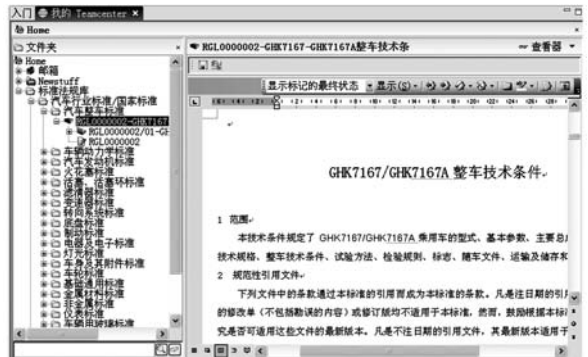


图 10 基于 Teamcenter 的标准法规库

### 3.4 项目文档知识库管理

企业项目做完都会留下很多文档和工作日志。项目文档是企业知识的重要组成部分。通过项目文档能够掌握项目的进度和质量,当项目出现问题时也有据可查,而且项目文档往往能作为新项目的开发资源。项目文档的管理对项目的顺利进行起着相当重要的作用。图 11 描述了某汽车企业基于 Teamcenter 建立的项目文档知识库。企业把项目文档的类别分为 OTS 报告、

CAE 分析报告和 DFEMA 文档。OTS 报告指的是试制产品报告。DFEMA 文档指的是设计的失效模式分析报告。项目文档库按照整车标准结构管理项目技术性文档。通过项目文档库能全面了解项目对子系统的设计要求和交付物。以整车标准结构为主线的项目文档库使得文档查询方便快捷。企业可依据业务需求动态扩充项目文档类别。



图 11 基于 Teamcenter 的项目文档知识库

#### 4 结束语

本文结合大批量定制的开发设计技术与 PDM 技术较深入地研究了支持大批量定制的知识管理方法。知识管理的关键技术原理包括零部件分类、零部件主模型、元数据管理、分类管理和图文档管理等。根据汽车企业具体实际,运用知识管理的关键技术原理,以 PDM 系统为知识管理平台搭建了企业知识库。企业知识库是知识管理的核心,包括企业零件知识库、企业材料知识库、标准法规库及项目文档知识库等。采用该方法搭建的企业知识库,缩短了知识查询时间、提高了零部件重用率、增强了企业实施大批量定制的能力。

#### 参考文献:

[1] 祁国宁,杨青海. 大批量定制生产模式综述[J]. 中国机械工程,2004,15(14):1240-1245.

[2] Salvadora F, Forza C. Configuring Products to Address the Customization Responsiveness Squeeze: a Survey of Management Issues and Opportunities [J]. Int. J. of Production Economics, 2004, 91: 273-291.

[3] 祁国宁,顾新建,谭建荣. 大批量定制技术及其应用 [M]. 北京:机械工业出版社,2003.

[4] Ackermann P, Eichelberg D. Product Knowledge Management [C]//Int. Conference on Economic, Technical and Organisational Aspects on Product Configuration Systems. Copenhagen: Technical University of Denmark, 2004:89-97.

[5] Alizon F, Shooter S B, Simpson T W. Reuse of Manufacturing Knowledge to Facilitate Platform-based Product Realization[J]. Journal of Computing and Information Science in Engineering, 2006, 6(2): 170-178.

[6] 魏晓鸣,刘晓冰,杨春立. 面向大批量定制的产品设计知识管理方法[J]. 农业机械学报, 2006, 37(7): 133-137.

[7] 严隽琪,明新国,倪炎榕,等. 产品生命周期知识管理框架[J]. 机械设计, 2006(23):6-8.

[8] 周杰韩,曾庆良,熊光楞,等. 制造业知识管理研究[J]. 计算机集成制造系统-CIMS, 2002, 8(8):669-672.

[9] 常荔,邹珊刚. 知识管理与企业核心竞争力的形成[J]. 科研管理, 2000, 21(2):13-19.

[10] 吕武,王文娟,林福严,等. 面向大批量定制产品开发的知识管理系统研究[J]. 制造技术与机床, 2005, 7:103-105.

[11] 毋涛. 面向军工企业大批量定制生产的知识管理体系研究[D]. 西安:西北工业大学, 2007.

[12] 陈荔,顾新建,徐福缘. 面向大批量定制知识创新的知识管理方法研究[J]. 科研管理, 2011, 32(2): 74-81.

[13] Alizon F, Shooter S B, Simpson T W. Improving an Existing Product Family Based on Commonality/Diversity, Modularity, and Cost [J]. Design Studies, 2007, 28(4):387-409.

[14] 鲁玉军,纪杨建,祁国宁,等. 基于延迟设计分离点的订单设计型产品配置设计[J]. 浙江大学学报(工学版), 2009, 43(12):2231-2236.

[15] 许静,纪杨建,祁国宁. 支持大批量定制设计的机械零部件分类编码方法[J]. 机械工程学报, 2010, 46(11):149-155.

[16] 鲁玉军,祁国宁. 基于 MC 环境的面向订单产品设计方法研究[J]. 中国机械工程, 2006, 17(22): 2354-2359.

[17] 范文慧,李涛. 产品数据管理(PDM)的原理与实施 [M]. 北京:机械工业出版社, 2004.

[18] Lu Yujun, Wang Chunqing. Configuration Knowledge Expression of ETO Product for Mass Customization [C]//GCC2008. Los Alamitos: IEEE Computer Society, 2008:733-738.

[19] 祁国宁,萧塔纳,顾新建. 图解产品数据管理 [M]. 北京:机械工业出版社, 2005. (编辑 袁兴玲)

作者简介:鲁玉军,男,1976年生。浙江理工大学机械与自动控制学院副教授。研究方向为大批量定制、网络化制造、PDM/PLM等。获浙江省科技进步二等奖1项。发表论文30余篇。邓心伟,男,1986年生。浙江理工大学机械与自动控制学院硕士研究生。王春青,女,1977年生。浙江经贸职业技术学院财务会计系副教授。