

面向中小企业的变粒度双网映射零部件设计重用

徐毅¹, 金博², 滕弘飞^{*3}, 屈福政³

(1. 大连理工大学 计算机科学与工程系, 辽宁 大连 116024;

2. 大连理工大学 创新实验学院, 辽宁 大连 116024;

3. 大连理工大学 机械工程学院, 辽宁 大连 116024)

摘要: 当前我国中小企业的零部件重用还存在着较多困难, 主要是重建零部件知识库工作量大及知识检索困难. 为此, 给出粗细粒度双网映射的零部件设计知识重用方法. 在中小企业现有产品零部件图形数据库和 CAD 设计基础上, 建立包括零部件图形数据库内容的树状知识网, 称之为细粒度知识网, 该树状知识结构与原数据库的结构相符合. 另外构造一个纲目式粗粒度网络状零部件知识网, 并用本体 OWL 表示. 该双网映射零部件知识重用可用于中小企业基于变型设计或自适应产品零部件设计, 或将来基于 Web 的中小企业产品设计重用. 减速器的零部件设计重用实例表明了所提的双网映射的零部件设计重用方法的有效性和实用性.

关键词: 中小企业; 零部件; 设计重用; 语义; 知识网; 变粒度双网映射

中图分类号: TP391.72 **文献标志码:** A

0 引言

在产品设计中, 据估计约有 90% 的设计为变型设计或自适应设计, 这意味着大多数的设计工作可重用以前的产品设计知识. 目前产品设计知识重用, 已成为国内外研究热点^[1], 特别是在产品大规模定制方面已取得重要进展. 很多企业一般通过对现有产品族或产品平台的设计知识重用, 利用配置设计等方法和技术完成产品的大规模定制^[2,3]. 从现有的实践看, 大规模定制的成功实施必须依赖于三方面: 一是若干成熟的技术模块; 二是先进的管理思想模块; 三是标准化模块. 从我国的国情看, 只有大企业才有满足以上三方面的信息化水平, 大部分中小企业还不易满足要求, 因而大规模定制的策略和零部件设计知识重用方法一般还不能直接用于我国某些中小企业. 但基于 Web 网络的设计有应用前景.

目前中小企业基于变型设计或自适应产品设计中, 常用的方法是基于 CAD 的人机交互的零部件设计重用方法. 另外, 基于实例推理的核心思

想是相似的问题有相似的解, 通过对已有问题的解进行重用和调整, 解决新产生的相似问题, 也涉及产品零部件设计重用.

尽管面向客户的产品变化较快, 但构成产品的零部件相对稳定, 且由于我国中小企业大部分是根据客户订单进行设计制造, 设计重用知识多集中在产品的 CAD 知识方面. 随着企业的零部件规模的增大, 大多数中小企业已经建立起不同规模、不同层次的零部件数据库来组织和重用该企业的零部件设计知识^[4,5]. 但由于缺乏 CAD 知识的管理和重用方法, 目前中小企业的零部件设计知识重用还存在着如下诸多问题: (1) 现有计算机辅助软件和技术资料管理工具还不能很好地提取和重用产品 CAD 设计知识, 对于企业 CAD 知识的获取、组织再利用方面比较欠缺. (2) 中小企业的零部件图形数据库都采用传统的关系型树状结构的数据库来存储零部件信息数据, 组织形式上都属于传统的分类体系思路, 很难表达出零部件信息之间的隐含关系; 检索方式采用关键字检索方式, 检索效率不高, 在现阶段不能很好地满足

企业的设计重用需求. 对我国中小企业来说, 如何解决企业产品底层次的 CAD 知识重用问题, 是一个比较迫切而又现实的需求.

解决企业 CAD 知识重用的一种方法是采用知识表达模型对企业的 CAD 知识重新建模. 产品设计知识表达模型是产品设计重用过程中知识查询和检索的基础, 目前主要有基于功能原理模型的知识表达^[6]、基于知识的产品知识表达^[7]、基于本体的产品知识表达^[8]、基于工程语义的知识建模^[9]、基于模板的知识建模^[10]、基于实例推理的知识模型^[11]等. 目前中小企业的产品设计知识多是以 CAD 模型、技术文档和零部件数据库形式表达, 其最基本的形式是“产品-部件-零件工程图”和资料文件(如工艺等), 如果采用知识表达模型对企业的 CAD 知识重新建模, 工作量很大, 很多企业由于规模较小, 无论从财力上还是技术上来说都较困难. 而且产品知识表达模型目前也还很难达到底层产品设计重用中的实用化, 真正成功用于中小企业的生产实践的文献报道还不多^[12]. 针对当前中小企业迫切需要解决的产品设计过程中的底层零部件 CAD 设计知识重用难题, 本文认为解决的关键是: 尽量在不改变企业原有设计知识的基础上, 利用中小企业现有的 CAD 模型、技术文档以及产品零部件图形数据库建立一个简单实用的知识重用模型, 基于该知识重用模型来完成企业 CAD 设计知识的组织和重用. 为此, 本文研究变粒度双知识网映射的零部件设计重用方法, 其目的是不改变企业原有零部件图形数据库, 在零部件图形数据库结构关系树表达基础上, 格外构造一个粗粒度网状基于语义(例如用 OWL 表示)的零部件知识结构网. 将企业原有的零部件数据库作为细粒度树状知识网, 建立两个知识结构网映射的知识网用于产品底层的设计重用.

1 变粒度双网映射的零部件设计知识重用

本文给出的粗细粒度双网映射的零部件设计知识重用方法如图 1 所示. 该方法的特点可描述如下: (1) 借鉴语义网知识^[13], 构造一个粗粒度零部件知识网(网状结构). 在粗粒度零部件知识网中, 仅保留了重要零部件检索信息(例如零部件结构、功能等特征), 更具体的细节信息(如零部件倒角大小、零部件热处理技术、零部件表面粗糙度、

公差等设计细节)可以在 CAD 模型或零部件数据库中获取. 粗粒度零部件知识网仅作为设计或生产过程中零部件 CAD 信息的检索模型, 所包含的信息为与设计、生产过程密切相关的信息, 如零部件结构关键尺寸、性能等功能特征与结构特征的描述, 结构特征主要指零部件的技术特征、管理特征、材料特征、几何特征等. (2) 建立中小企业现有的零部件数据库(主要为树状知识结构, 作为细粒度零部件知识网)与粗粒度零部件知识网的映射关系. (3) 建立粗粒度与细粒度知识网的双网映射关系. 利用变粒度的知识检索方法检索企业 CAD 知识, 由粗到细, 详略互补. (4) 面向中小企业的产品 CAD 设计, 即基于 CAD 模型的零部件设计知识重用.

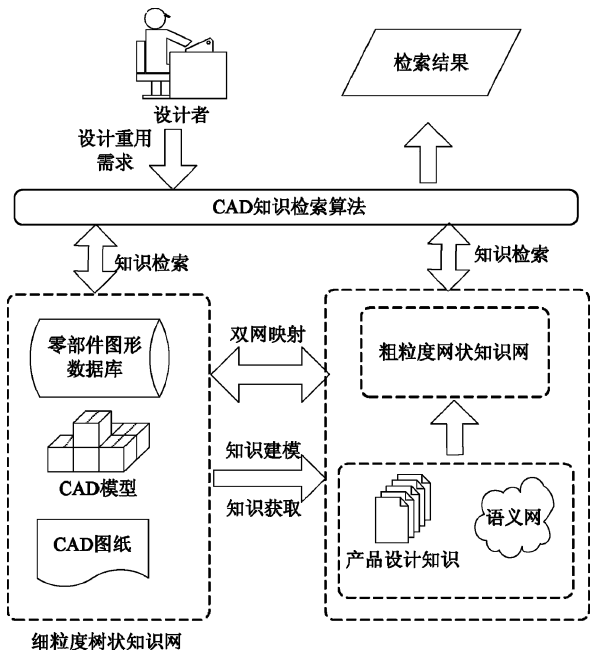


图 1 粗细粒度零部件设计知识重用方法
Fig. 1 Method of design knowledge reuse for coarse-fine-grained parts

本文给出的变粒度双网映射的设计知识重用方法有助于解决目前中小企业零部件 CAD 设计知识重用的不足: (1) 通过双网映射的方法, 有效地实现了不同的 CAD 知识表达方式与检索的结合, 零部件数据库提供了详细的零部件设计信息, 用于细粒度零部件 CAD 知识检索; 粗粒度零部件知识网主要用于产品零部件 CAD 设计知识的语义表达、组织管理以及粗粒度的检索, 通过语义网框架, 粗粒度零部件知识网表达了传统数据库中很难描述的一些零部件之间隐含的关系, 从而

丰富了中小企业零部件 CAD 设计知识。(2)设计人员在产品设计过程中,可首先采用基于语义的粗粒度知识网检索零部件 CAD 知识,然后通过双网映射关系将更具体的 CAD 知识从零部件图形数据库中检索出来,这样形成了一个由粗到细、详略互补的 CAD 知识的检索过程,相比较传统数据库关键字检索方式,这种检索方式有助于提高零部件 CAD 设计知识的检索效率。同时,本文的双网映射的知识模型,也可采用基于实例推理的相似度算法实现设计知识检索。

本文变粒度双网映射的零部件设计知识重用方法需解决以下几个问题:粗粒度零部件知识网的建立、双网映射实现、CAD 知识检索方法等,将在下面分别介绍。

2 粗粒度零部件知识网

如前文所述,目前有多种较为成熟的产品知识表达模型,这些模型均从不同层面描述了产品设计知识,由于工作量大、描述繁复,对于某些中小企业而言,受目前的财力和技术力量所限,尚无法实现。本文的粗粒度零部件知识网可描述如下:粗粒度零部件知识网是一个以各类零部件概念为描述对象的语义知识结构,基本思想是将产品零部件 CAD 设计信息中的各种隐含零部件关系特征(本文的关系特征概念是指产品部件所包含或有关联的零部件)、属性及关系提取出来,通过语义描述,建立零部件 CAD 设计信息的关系特征与关系特征、关系特征与属性以及属性与属性的内在联系,形成一个网状的语义信息表示结构。在网状知识表示上,通过任意一个信息入口,如特征项、属性项、关系项等,都可以很方便地访问到与此相关的各种零部件知识,使得知识结构网上每个节点根据知识网理论都具有一定的“联想”功能,这为基于知识网络的配置设计信息检索和知识推理提供了方便。相比较传统的基于关键字的信息检索,语义检索方式提供了更强大的信息检索能力,例如用户通过关键字的检索方式检索“齿轮”,会检索出各种类型的齿轮信息,如直齿轮、斜齿轮、锥齿轮等;而通过语义检索方式检索“齿轮”时,不仅会检索到齿轮信息,而且会根据语义关系特征的内在联系,检索到相关联的其他零部件信息,例如相配合轴、挡圈、端盖等零件。图 2 为本文的粗粒度零部件知识网。

需要说明的是,本文的粗细粒度知识网称谓

只是从宏观形象角度对两种网的定义,以表示两个网粒度不同,粗粒度知识网包括产品零部件的功能特征、结构特征等信息;而原图形数据库为细粒度知识网,包含零部件的全部记录。

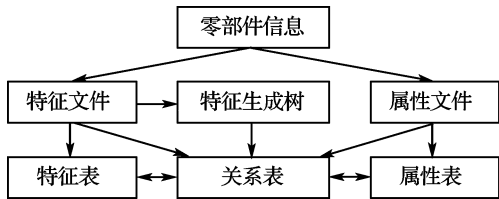


图 2 粗粒度零部件设计知识网
Fig. 2 Coarse-grained parts design knowledge network

本文采用 OWL^[14](Web ontology language, Web 本体语言)描述粗粒度零部件知识网,主要原因是:(1)OWL 是 W3C 推荐的描述语义 Web 的本体语言,具有定义良好的语义表示能力和逻辑推理能力,通过 OWL 描述的零部件 CAD 知识具有语义性质;(2)OWL 通过对概念及属性之间关系的描述,可以表达各种资源之间内在的语义关联,使得描述模型具有一定“联想”功能,这与本文研究产品、部件、零件等 CAD 语义知识是有对应关系的;(3)OWL 描述的知识模型具有相似度和相关度计算功能,相比较关键字检索,可提高 CAD 知识的查全率和准确率。

具体来说是采用 OWL 的 Class 类对每个 CAD 知识进行概念定义,并通过 OWL 的 SubClassOf 等元素描述零部件设计知识父类与子类关系。通过 Object Property(对象属性)和 Data Property(数据属性)描述零部件设计知识的各种属性及关系;利用 Domain、AllValuesFrom 等元素对零部件设计知识关系约束进行描述。图 3 为直齿圆柱齿轮减速器类定义的数据,从中可看出,该类包括了额定功率、最大减速比等数据属性,也包括了 is_assembled_by、is_part_of 等对象属性,这些对象属性分别描述了该减速器是由哪些零部件装配而成的,是属于哪个部件的组成部分。对于较为复杂的关系属性,本文将其类型定义为 xsd:XMLLiteral 类型数据,即通过 XML(extensible markup language)来具体描述其内容。主要原因是 XML 文档通过对属性、元素的描述,可明确地表示数据模型中各个部分的意义,具有自我描述性,因而易于表达零部件的较为复杂的关系属性。

```
<owl:Class rdf:id="直齿圆柱齿轮减速器">
.....
rdf:about="is_part_of"/>
</owl:onProperty>
<owl:someValuesFrom ref:resource="# assemblyer"/>
<owl:onProperty>
  <owl:ObjectProperty
rdf:about="# is_assembled_by"/>
</owl:onProperty>
<owl:someValuesFrom ref:resource="# designer"/>
rdf:about="# is_designed_by"/>
</owl:onProperty>
<owl:onProperty rdf:resource="# ID">
<owl:onProperty rdf:resource="# 中心距">
.....
<rdfs:subClassOf rdf:resource="# 减速器">
</owl:Class>
```

图 3 直齿圆柱齿轮减速器类定义

Fig.3 The class definition of spur-gear-reducer

3 粗粒度零部件知识网与细粒度零部件知识网映射关系

如前文所述,粗粒度零部件知识网仅保存了 CAD 主要的检索信息,更具体的细节信息(如公差等设计细节)可通过双网映射的方式在细粒度零部件知识网(零部件数据库或 CAD 模型)中获取.

以某中小企业的减速器产品零部件为例说明,图 4 为减速器零部件分类树. 本文的粗粒度零部件知识网与细粒度零部件知识网之间的映射关系如图 5 所示,该图为某企业的图形数据库实例,左边为细粒度零部件树目录和详细设计信息,右边为粗粒度零部件知识网,每个零部件都有一个

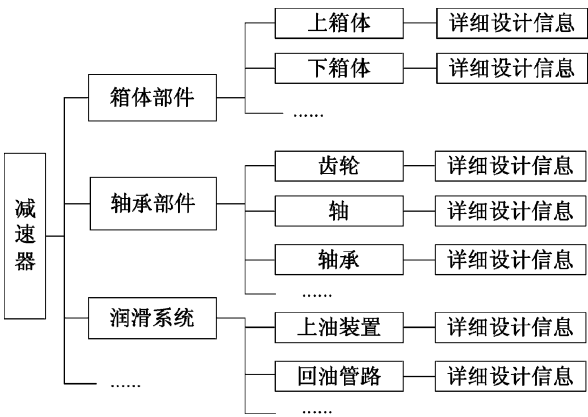


图 4 减速器零部件分类树

Fig.4 The classification tree of reducer parts

编号(ID)作为其标识. 因此,本文利用零部件 ID 作为双网映射的标识. 图形数据库中每个零部件的 ID 与粗粒度零部件知识网 ID 对应关系表中的 ID 一一对应,在粗粒度零部件知识网内部,ID 与零部件特征、属性、关系等信息为一对一或一对多的映射关系. 利用这种映射关系,在粗粒度零部件知识网内部,利用零部件概念、特征、关系等信息,可以很方便地访问到与此相关的各种零部件设计知识. 这既保留了企业原有图形数据库中的内容,又实现了 CAD 信息的语义管理及检索.

图 6 为粗粒度轴承零部件知识网的 OWL 描述图,概念实体集描述了零部件类,如齿轮、轴等;概念实体属性及特征集具体描述了零部件类的属性值和特征值,如零部件名称等;概念实体关系集则描述了零部件知识网内部的各种关系. 图 7 为图 4 中减速器的粗粒度零部件知识网描述实例片段,在实例中,既描述了减速器的基本特征信息,又描述了减速器所包含的子件信息(特征值),每一具体信息(轴承信息及子件信息)都对应 ID 号,此 ID 号与产品零部件数据库中信息一一对应. 在图 7 的减速器描述实例中,由 XML 对属性减速比的描述可知,该减速比值为 4.0,是由两个类型为“齿轮”的零部件通过齿数属性相除得到的,这两个零部件 ID 分别为“90227004”和“90227003”. 图 7 所示描述实例,即图 5 中 ID 对应关系表和特征表内容,ID 对应关系表担负着两网信息交互的任务,一方面通过 ID 在零部件数据库中指定具体零部件位置,另一方面结合语义关系通过语义支持零部件信息的重用和检索. 图 8 为齿轮 OWL 描述实例片段,该实例为粗粒度零部件知识网中的属性表及关系表内容. 属性表包括齿轮的齿数、模数、轴孔直径等属性信息,关系表包括齿轮和轴的轴孔装配关系等信息. 以轴承部件为例,图 7、8 以及图 5 描述结合在一起形成本文研究的粗粒度零部件知识网,粗粒度知识网与企业的图形数据库设计重用知识网相结合,即形成了完整的面向中小企业的 CAD 语义知识网.

本文采用变粒度 CAD 知识检索方法检索零部件设计知识,该方法可分为两个层次:(1)首先根据粗粒度零部件知识网对零部件图形数据库 CAD 知识粗查,检索语言为 SPARQL.(2)在产品树状零部件数据库细查具体的设计信息,得到的是具体的设计数据或图形信息,检索方法是传统的关键词匹配.

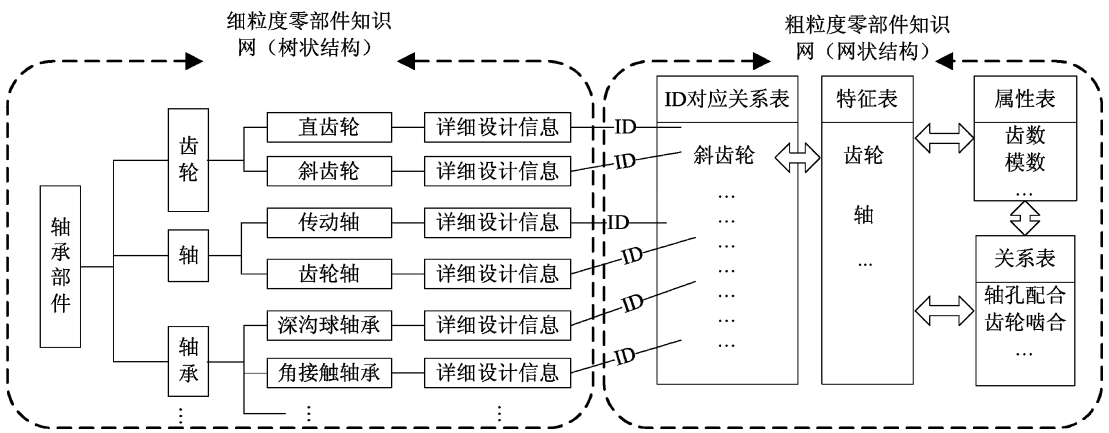


图 5 轴承零部件粗粒度知识网与细粒度知识网映射关系

Fig. 5 The mapping relation for coarse- and fine-grained knowledge network for bearing parts

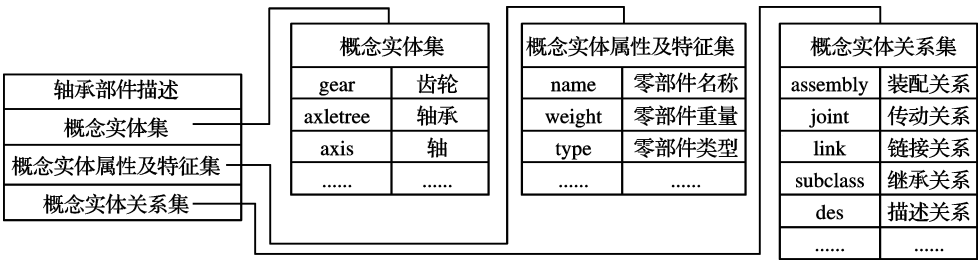


图 6 轴承零部件粗粒度知识网 OWL 描述图

Fig. 6 The coarse-grained knowledge network OWL description graph of bearing parts

```
.....
<减速器 rdf:ID="81186104">
<name rdf:datatype="&.xsd:string">## 减速器</name>
<额定功率>2.2kW</额定功率>
<转速比 rdf:datatype="&.xsd:XMLLiteral">
<value>4.0</value>
<method>div</method>
<parts>
<part id="90227004" classname="齿轮" attribute="齿数"/>
</parts> </转速比>
.....
<中心距 rdf:datatype="&.xsd:XMLLiteral">
.....
</中心距>
<is_assembled_by rdf:resource=" # 90227004">
<rdfs:comment>小齿轮</rdfs:comment>
<is_assembled_by rdf:resource=" # 90227003">
.....
</减速器>
```

图 7 直齿圆柱齿轮减速器描述实例

Fig. 7 The described example of spur-gear-reducer

```
<齿轮 rdf:ID="90227004">
<name rdf:datatype="&.xsd:string">## 减速器</name>
<模数 rdf:datatype="&.xsd:float">2.0</模数>
<齿数 rdf:datatype="&.xsd:float">102</齿数>
<变位系数 rdf:datatype="&.xsd:float">0</变位系数>
<分度圆直径 rdf:datatype="&.xsd:float">204mm</分度圆直径>
<is_joint_with rdf:resource=" # 90227123"/>
.....
</齿轮>
```

图 8 齿轮 OWL 描述实例

Fig. 8 The described example of gear with OWL

4 应用实例

为了验证本文的变粒度双网映射的零部件设计知识重用方法,本文通过 Pro/E 提供的 J_Link(基于 Java 语言)二次开发接口,设计并实现了一个基于 Pro/E 的交互式产品 CAD 设计知识重用系统原型。

以单级直齿轮圆柱减速器设计重用为例(该减速器为胶带传输机上的减速装置,电动机转速为 960 r/min),用户要求的该减速器技术数据见

表 1. 减速器设计重用过程如下.

表 1 新减速器设计指标

Tab. 1 The new reducer design specifications

零部件	功率/kW	传动比	中心距/mm
高速轴	2.00	3.6	150
低速轴	1.95	3.6	150

(1)减速器信息检索

本文根据用户的新减速器设计要求,利用关键字和相似度检索方法^[16],从中小企业的产品零部件数据库中检索原有减速器. 在用户界面中分别输入待设计减速器产品名称、额定功率、齿轮中心距和最大允许的传动比 $i_{\max}$ (可以在允许传动比变化范围内,通过改变大小齿轮齿数改变传动比)要求. 通过检索算法在减速器产品库里一般能检索到多个减速器实例,考虑到经济性要求,应选择满足相似度要求的额定功率、最大传动比等减速器,本文粗粒度检索到的减速器主要参数见表 2 中前 5 个参数. 由此可见,该减速器基本满足表 1 设计指标要求,但齿轮传动比 $i=4.0$,不满足 $i=3.6$ 的设计要求.

表 2 原有减速器图形数据库中主要参数

Tab. 2 The main parameters in the graphic database of original reducer

参数名称	数据值
减速器 ID	81186104
减速器类别	单级圆柱直齿轮减速器
减速器最大传动比	4.0
减速器齿轮中心距	150 mm
减速器额定功率	2.2 kW
大齿轮模数	2.0
大齿轮齿数	104
小齿轮模数	2.0
小齿轮齿数	26
轴公差	H7

(2)减速器零部件设计重用策略

设计重用策略为尽可能利用原有的减速器产品零部件. 本文采用更换一对齿轮副的策略,进而检索(通过关键字检索方式)到表 2 中除前 5 个之外其他参数. 为了满足传动比要求,需要在图形数据库中另外检索到一对大小齿轮. 该齿轮副应满足以下检索条件:减速比 $i=3.6$ (误差范围 $\Delta i=3\%$),模数 $m_1=m_2=2$,减速器齿轮中心距 $a=150\text{ mm}$,根据文献^[17]计算,可求得大小齿轮齿数分别为 $z_1=28, z_2=102, i=3.643, \Delta i=1\%$ (在允许误差范围内),且与原有减速器高、低速轴直径相配合. 设计重用的新减速器功率和传动比较原减速器小,零部件之间不会干涉,设计冗余度增加也不多,保证了经济性要求.

(3)齿轮粗粒度信息检索

以大齿轮设计重用为例,用户输入的大齿轮检索条件如下:齿数为 102,模数为 2,内径为 45 mm (与原减速器低速轴配合). 图 8 粗粒度知识网中描述了齿轮的相应属性信息,可通过 SPARQL 查询语言在粗粒度知识网中检索出符合上述要求的齿轮,通过相似度计算^[16],确定齿轮的粗粒度选择.

(4)齿轮细粒度信息检索

通过细粒度零部件知识网来完成零部件知识检索,检索语言为 SQL 数据库查询语言. 根据齿轮设计要求和检索到的减速器,用户输入细粒度检索条件,由于齿轮详细设计信息一般都保存在零部件细粒度知识网中,需在细粒度知识网中对零部件设计知识进行检索,在图形数据库中检索到符合上述设计条件要求的齿轮.

(5)齿轮强度校核

检索到的齿轮副,虽然基本上满足了用户的上述检索条件,但还要对其进行齿轮接触疲劳强度和齿轮弯曲疲劳强度校核,该强度校核内容和方法详见文献^[17]. 校验结果表明齿轮副强度满足设计要求,进而可基于 Pro/E 设计系统或 AutoCAD 系统实现齿轮副与原有减速器的轴装配仿真,完成减速器的零部件设计重用.

5 结 语

本文在中小企业现有零部件数据库树状结构知识网表示基础上,通过本体 OWL,另外构造了粗粒度零部件网状结构知识网,采用粗细粒度双网映射的方法,建立了产品零部件数据库的树状结构知识网与粗粒度零部件网状知识网的双网映射关系,用于解决中小企业基于原有零部件数据库和 CAD 基础上的底层产品 CAD 设计知识重用问题. 本文研究的粗细粒度双网映射的零部件设计知识重用的特点是:①借鉴本体 OWL 研究成果,用较简单的表达模型描述零部件属性及其内部关系. ②充分利用中小企业现有的 CAD 零部件数据库资源,建立细粒度树状知识网. ③通过变粒度双网映射的零部件 CAD 知识检索方法,实现了粗细粒度检索结合,详略互补,提高了设计重用质量或效率.

参考文献:

[1] SIVALOGANATHAN S, SHAHIN T M M. Design reuse: an overview [J]. **Journal of Engineering Manufacture**, 1999, **213**(7):641-654

[2] 冯毅雄,程 锦,谭建荣,等. 面向大批量定制的配置产品变型设计[J]. 浙江大学学报(工学版), 1999,

- 41(2):315-318
- [3] 秦红斌,李仁旺,肖人斌,等. 面向大批量定制的产品族基因模型研究[J]. 机械设计, 2006, **23**(12):18-22
- [4] 徐雷,殷国富,李双跃,等. 面向敏捷制造的数字化零部件库建模方法[J]. 计算机工程, 2004, **30**(13):148-150
- [5] 熊丽君,陈立平. 基于 Web 的零部件库 Web3Dlib 的研发[J]. CAD/CAM 与制造信息化, 2003(5):46-48
- [6] ROY U, PRAMANIK N, SUDARSAN R, *et al.* Function-to-form mapping: Model, representation and applications in design synthesis [J]. **CAD Computer Aided Design**, 2001, **33**(10):699-719
- [7] SZYKMAN S, SRIRAM R D, BOCHENEK C, *et al.* Design repositories: engineering design's new knowledge base [J]. **IEEE Intelligent Systems and Their Applications**, 2000, **15**(3):48-55
- [8] KITAMURA Y, MIZOGUCHI R. Ontology-based description of functional design knowledge and its use in a functional way server [J]. **Expert Systems with Applications**, 2003, **24**(2):153-166
- [9] BIDARRA R, BRONSVOORT W F. Semantic feature modeling [J]. **Computer-Aided Design**, 2000, **32**(3):201-225
- [10] 屠立,张树有,陆长明. 基于知识模板的复杂产品设计重用方法研究[J]. 计算机集成制造系统, 2009, **15**(6):1041-1048
- [11] 印鉴,李师贤. 一种基于事例推理的检索模型[J]. 中山大学学报(自然科学版), 1999, **38**(2):1-5
- [12] BUSBY J S. The problem with design reuse: An investigation into outcomes and antecedents [J]. **Journal of Engineering Design**, 1999, **10**(3):276-296
- [13] LEE B T, HENDLER J, LASSILA O. The semantic web [J/OL]. [2009-12-10]. <http://www.scientificamerican.com/2001/0501issue/0501berners-lee.html>
- [14] 3C Recommendation. OWL web ontology language overview [EB/OL]. [2009-12-10]. <http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-features-20040210/>
- [15] 伊晓伟,钱文学,谢里阳. 基于 Pro/E 的齿轮参数化设计系统开发 [J]. 煤矿机械, 2007, **28**(10):75-78
- [16] JIN Bo, TENG Hong-fei, WANG Yi-shou, *et al.* Product design reuse with parts libraries and an engineering semantic web for small and medium-sized manufacturing enterprises [J]. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, 2008, **38**(11-12):1075-1084
- [17] 成大先. 机械设计手册 [M]. 北京:化学工业出版社, 2008

Variable-grain and dual-network mapping parts design reuse for small and medium-sized enterprises

XU Yi¹, JIN Bo², TENG Hong-fei^{*3}, QU Fu-zheng³

(1. Department of Computer Science and Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China;

2. School of Innovation Experiment, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China;

3. School of Mechanical Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

Abstract: Currently, there are still many problems about the parts reuse for small and medium-sized enterprises(SMEs) in China. The main problem is that the reconstruction for parts library is an arduous work and the retrieve of the design knowledge is difficult. To solve this problem, a coarse-fine-grained and dual-network mapping design knowledge reuse method for parts design reuse is proposed. On the basis of the current graphic databases and CAD in the SMEs, a fine-grained tree's structure knowledge network for parts is constructed which is called fine-grained knowledge network. The tree's structure is consistent with the structure of the original database. A coarse-grain network's structure knowledge network with outline-style for parts is also constructed which is expressed by OWL. The dual-network mapping design knowledge reuse method for parts design reuse is applied to variant design or adaptive design of SMEs, and it also can be used for future Web-based design reuse for SMEs. The design reuse example of reducer shows that dual-network mapping design reuse method for parts is effective and practicable.

Key words: small and medium-sized enterprises; parts; design reuse; semantic; knowledge network; variable-grain and dual-network mapping