

基于本体的电子装配工艺知识建模与管理

蓝波¹,胡旭洁²,谭佳豪¹,王祖钰¹,李鑫¹

(1. 北京石油化工学院 信息工程学院,北京 102617; 2. 航天建筑设计研究院有限公司,北京 100071)

摘要:针对目前电子装配工艺知识在获取、管理及重用方面存在的问题,提出基于本体的电子装配工艺知识建模方法,建立 OKD 电子装配工艺知识组织体系,开发了基于本体的电装工艺知识建模及管理原型系统,支持可视化本体建模,基于 OWL 的形式化描述,构建领域词典,提取索引知识标签,实现电装工艺知识间语义的多重网络化关联,可为基于语义解析的电装工艺知识检索奠定基础,同时推进相关知识的有效积累、共享及重用。

关键词:工艺知识管理;电子装配;领域本体;语义特征

中图分类号:TP391.7 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5276(2023)01-0127-04

Electronic Assembly Process Knowledge Modeling and Management Based on Ontology

LAN Bo¹, HU Xujie², TAN Jiahao¹, WANG Zuyu¹, LI Xin¹

(1. Information Engineering College, Beijing Institute of Petro-Chemical Technology, Beijing 102617, China;

2. Aerospace Architectural Design Research Institute Co., Ltd., Beijing 100071, China)

Abstract: In order to acquire, manage and reuse electronic assembly process knowledge with accuracy and efficiency, a method for electronic assembly process knowledge modeling based on domain ontology was proposed. An OKD electronic assembly process knowledge architect was established. A prototype system for process knowledge modeling and management was developed. Visualized ontology modeling, formalized description using OWL, domain dictionary construction, and index knowledge label extracting were supported. Multiple networking relation of electronic assembly process knowledge terms in the semantic relationships was realized, which lays the basis for the electronic assembly process knowledge retrieval based on the semantic analysis and promotes effective accumulating, sharing and reusing of the related knowledge.

Keywords: process knowledge management; electronic assembly; domain ontology; semantic feature

0 引言

电子装联技术是电子装备制造的核心技术之一,其元器件小型化、高密度、集成化等特点将显著提高电子装备的先进性。利用企业已有的工艺知识,有效共享、能够更好地适应目前日益复杂的电子产品结构改型快等要求,提高工艺编制质量和效率。随着计算机技术和网络技术的不断成熟,基于本体的知识表示、知识共享、知识集成、知识检索等本体驱动的知识管理技术成为国内外学者的研究热点^[1-3]。刘小龙等提出了基于知识的电子装配工艺规划方法^[4];杨光育等提出电子装配知识建模方法^[5];沈正林提出基于本体的作业指导书自组织方法^[6];崔祥友等对基于本体与 SWRL 的工艺知识表示与语义推理进行了深入研究^[7]。本文在相关研究基础上,提出基于本体的电子装配工艺知识建模方法,建立基于本体的电子装配工艺知识组织体系,并开发基于本体的电装工艺知识建模及管理原型系统。采用本体技术对某企业电装工艺知识进行统一组织,实现工艺知识间的多重网络化关联关系,进而实现数据资源间的关联,为装配工艺过程建立一个良

好的知识环境,提升电子装配工艺知识、生产效率、生产质量、经验的重用和共享性。

1 电子装配工艺知识体系及特点

1.1 电子装配工艺知识体系

电子装配工艺主要包括整机装配工艺、印刷电路板装配工艺、电缆装配工艺共 3 类装配工艺^[4]。本文按照工艺知识获取步骤,自顶向下按核心知识相关对象及其属性进行组织,形成电子装配工艺知识体系。图 1 为电子装配工艺知识体系图(部分)。

1.2 电子装配工艺知识特点

电装工艺知识主要存在于企业已有产品工艺规划报告、规范、原理和仿真试验数据等,具有以下特点:覆盖多类知识、经验性强、不断进化性^[5]。对电子装配工艺过程而言,工艺知识往往散落、隐含在以往产品的图样、模型、工艺文件、规范、标准、质量问题归零报告以及部分工艺专家经验规则中,处于相互独立的状态,缺乏关联和共享,缺乏有

基金项目:2021 年北京市大学生科研训练计划深化项目(2021J00201)

第一作者简介:蓝波(1973—),男,四川隆昌人,副教授,硕士,研究方向为数字化制造、电工电子新技术应用。

效的组织,呈现出相对散乱、关联性差、重用率低等问题。

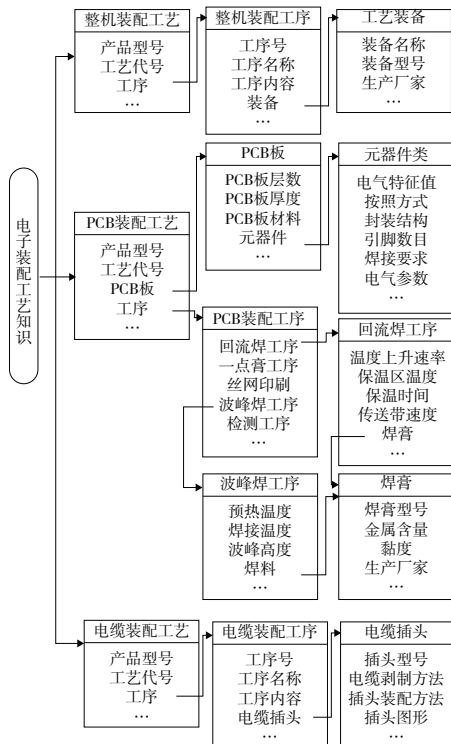


图1 电子装配工艺知识体系图(部分)

2 电子装配工艺领域本体建模

2.1 基于本体的电装工艺知识组织体系

领域本体的主要目的之一就是为知识的理解提供一种可共享的、共同的概念集合^[8]。构建领域本体,可以形成对领域相关信息共同理解,为进一步开展该领域的信息资源整合、知识发现、知识表示、语义标注、语义检索等应用奠定基础。

本文建立基于本体的电装工艺知识组织体系,提出具有“领域本体-索引知识-数据资源”(domain ontology-Index knowledge-data resource,OKD)3层映射结构的知识组织体系对工艺知识进行组织和建模。组织体系如图2所示。

1)领域本体层。领域本体是电装工艺领域内的概念及概念间语义关系的形式化表达,提供描述领域知识的规范和知识表示的工具,实现术语标准化和知识规范化。

2)索引知识层。索引知识项是借助领域本体中的规范术语,对企业PDM系统中包含电装工艺知识的数据资源按照电装工艺问题或任务求解过程进行知识描述,形成的带有统一语义信息的知识概要,索引知识项组成索引知识库。

3)数据资源层。指企业PDM中的工艺文档和产品模型,本文所处理的文档主要是指工艺人员完成具体工艺规划任务后所产生的各类工艺文档和模型。

OKD体系实现以有限的本体概念及概念间的语义关系,来组织企业PDM工艺资料中无限更新的领域工艺知识,实现知识间的多重网络化关联关系,进而实现数据资源

间的关联,从根本上解决工艺知识相对散乱和关联性差等问题,为电装工艺知识获取、积累、共享与重用等奠定基础。

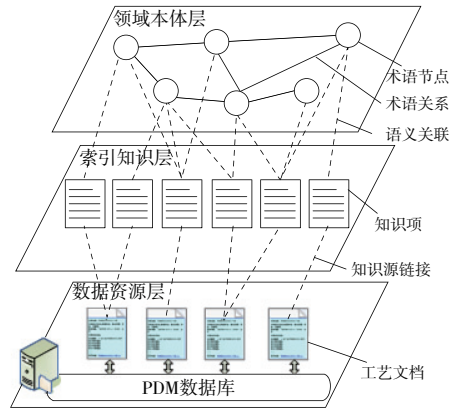


图2 OKD电装工艺知识组织体系

2.2 领域本体定义

针对现有工艺知识文档数据的概念化描述,领域本体实际上可以看作是一个较大的语义术语库,概念和关系是本体的基本构件,并不涉及具体的知识点。用如下三元组表示:

$$D_o = \langle C_s, R_s, H \rangle$$

式中: D_o 为领域本体; C_s 为领域概念的集合; R_s 为概念的关系集合; H 为领域概念之间的层次结构关系。在本体模型中,关系是概念之间联系的桥梁。本文根据需求,定义了6种基本关系,对于那些没有泛性却需要并入本体的概念,归属于其他关系进行泛化处理,如表1所示。

表1 本体概念间的基本关系集

R_s 集	关系表达	关系说明
同义关系	synonymy_of	概念之间的同义关系
组成关系	part_of, has_part	概念之间部分与整体的关系
继承关系	kind_of, has_kind	概念之间的父子类关系
同类关系	sibling_of	概念之间同属于一个分类的关系
属性关系	attribute_of, has_attribute	某个概念是另外一个概念的属性
实例关系	instance_of, has_instance	某个概念是另外一个概念的实例
其他关系	extension_of	概念间存在的模糊的关联关系

2.3 领域本体概念模块化提取

本文采用自顶向下的方式来分析领域本体概念,以电装工艺领域专业流程为主线,列举流程中每个节点工艺活动的相关术语,定义概念分类层次框架,形成概念层次树。以概念层次树中的每一叶节点为模块单元,分析并罗列该模块的工艺内容相关概念:包括结构(工艺对象)、功能(工艺目标)、原理(工艺依据)和行为(工艺活动)4个层面,并逐一考虑概念细化。最后对领域本体的一致性、合理性和完备性进行检查,各步骤可根据实际反复迭代。电装工艺知识本体片段如图3所示。

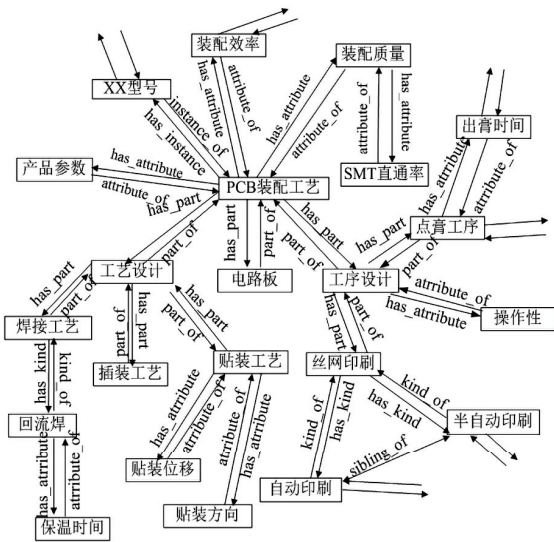


图3 电子装配工艺领域本体模型(片段)

2.4 基于 OWL 语言的领域本体形式化描述

OWL(web ontology language)能够被用于清晰地表达词汇表中的术语含义以及这些词条之间的关系。根据定义的三元组本体模型,本文定义本体模型与 OWL 建模元语的映射为:用类表示本体概念框架、对象属性表示关系、个体表示概念。表2展示了部分最终建立的 OWL 本体模型。

表2 基于 OWL 的领域本体模型

本体模型	OWL 描述
领域空间	<pre><rdf:RDF xmlns="http://www.knowledgeManagement.org/ontologies/aerodynamicMissile.owl#" xml:base="http://www.knowledgeManagement.org/ontologies/aerodynamicMissile.owl" xmlns:owl2xml="http://www.w3.org/2019/12/owl2-xml#" ... ></pre>
本体概念框架定义	<pre><owl:Ontology rdf:about="" /> <owl:Class rdf:about="PCB 装配工艺"> <rdfs:subClassOf rdf:resource="电路板"/> </owl:Class> ... </owl:Ontology></pre>
本体概念及其关系定义	<pre><owl:Thing rdf:about="回流焊工艺"> <rdf:type rdf:resource="PCB 装配工艺"/> <dc:date>2019-04-12</dc:date> <dc:creator>田小明</dc:creator> <dc:description>回流焊工艺控制重点包括:预热温度上升速率、保温区温度、保温时间、传送带速度、焊膏,需根据工艺要求选择设备参数。 </dc:description> <has_instance rdf:resource="#D-33-18 电路板"/> <has_attribute rdf:resource="保温区温度"/> <has_attribute rdf:resource="保温时间"/> <has_attribute rdf:resource="传送带速度"/> <kind_of rdf:resource="焊接工艺"/> <sibling_of_of rdf:resource="波峰焊工艺"/> ... </owl:Thing> ...</pre>

3 基于知识模板的索引知识表达

3.1 索引知识结构

索引知识是利用领域本体中的规范术语对 PDM 数据库中的工艺文档数据进行描述而形成的元知识,其目的是对文档知识源进行过滤,形成凝练的知识点,同时作为桥梁,建立“领域本体-索引知识-数据资源”的关联。用如下三元组来描述索引知识:

$$I_k = \langle K_D, K_L, K_S \rangle$$

式中: I_k 表示索引知识; K_D 为知识描述; K_L 为知识标签; K_S 为知识来源。

K_D :知识属性分为两个层面的描述信息。一方面是描述知识内容的知识主体信息,如知识标题、特定问题描述、解决方案描述、工作流程描述等;另一方面是从不同角度对知识的补充说明信息,如知识编号、专业、密级、创建人、创建时间、审核人、审核时间等。

K_L :知识标签是对知识的标注,标签是源自领域本体中的专业术语。借助知识标签,所抽取的知识与领域本体建立关联,并可以借助本体网络结构进行语义扩展。

K_S :知识来源是知识所对应的 PDM 文档链接,能够提供 PDM 文档的物理存储地址。借助知识来源,所抽取的知识与 PDM 系统中的数据资源建立关联。

基于以上三元组,可建立不同类型索引知识基础模板,基于模板抽取索引知识。图4为索引知识示例。

知识编号: 102

知识标题: XX 型电缆插头装配方法

问题描述: 对于电缆插头数多于两个且由许多根导线组成的非同轴电缆其装配的流程...

方法描述: 1) 每一种电缆插头,其装配时剥制电缆方法与装配方法都是固定的; 2) 需要确定这些插头的装配顺序,并给出导线接线表与展开图...

附加信息: XX

专业: 电缆

密级: 公开

关联型号: XX 型

创建人: 田小明

创建时间: 2018.04.16

审核人: 刘小丽

审核时间: 2018.04.30

知识标签: 电缆装配工序、电缆插头、插头图形

知识来源: 田小明-XX 型电缆插头装配方案设.doc

图4 电缆插头装配方法的索引知识示例

索引知识作为 OKD 中间层,是连接 PDM 中工艺数据与领域本体的纽带。首先,以领域本体中已规范化的术语为基础,对工艺文档数据进行知识抽取和描述,形成结构化的索引知识,并通过“知识源链接<索引知识,工艺文档>”建立映射关系;其次,利用领域本体的概念对索引知识进行语义标注,并通过“概念映射<领域本体概念,索引知识概念>”建立关联。因此工艺数据最终映射成带有语义信息的索引知识。领域本体可看作是对索引知识的一种细粒度分类,通过领域本体,最终可以形成一个将概念、知识、数据关联管理的网状知识组织体系。

3.2 基于领域本体的索引知识标签

知识标签是由源自领域本体的专业术语形成的特征词集,它既是对知识内容的概括描述,也是基于语义扩展知识检索的主要依据。利用领域本体中规范化的术语构建领域术语词典对工艺文档进行全文分词解析,自动提取文档中的领域术语;结合常用语词典,利用 TF-IDF 算法自动提取文档特征词项,领域术语集与文档特征词集的交集构成了索引知识的特征词集范围,特征词集中的词元都是属于领域本体中的概念术语。由于本体术语具有语义关系定义,因此索引知识可以被有效关联起来,形成结构化的知识网络。通过本体定义中的概念关系实现语义关联,使知识检索利用本体网络实现术语的关联扩展检索,最终实现电装工艺领域知识的组织及检索效率的提高,有效解决关键词刚性匹配检索方法的局限性。领域本体作用于知识管理体系如图 5 所示。

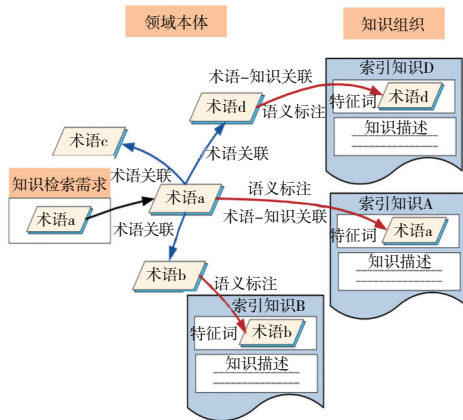


图 5 领域本体作用于知识管理体系

4 原型系统开发

开发电子装配工艺知识本体建模与应用原型系统,能够集成开源 protégé 本体编辑工具,利用 Protégé 进行本体建模并实现概念逻辑关系一致性检查以及图形化浏览,并通过 Protégé 连接 Oracle 数据库,形成 OWL 本体模型库^[9]。利用惠普实验室开源 Jena 本体解析工具将本体模型中的概念、关系分别提取并持久性存储至数据库,形成概念库和关系库,以实现领域本体良好的应用效率和扩展性。图 6 为基于 Protégé 的本体可视化建模界面。

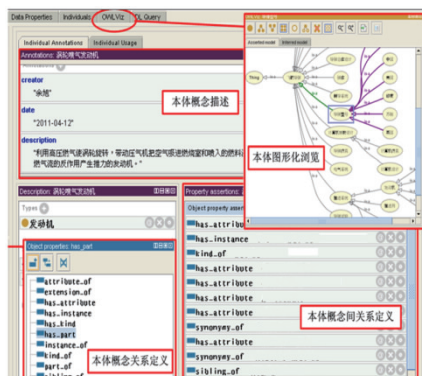


图 6 基于 Protégé 的本体可视化构建界面

系统将本体模型自动映射成专业词典,支持自定义词典的构建;支持树状的知识目录构建。支持知识项的创建,根据知识类型调用知识模板、填写知识信息、生成知识标签、生成文档链接、上传知识附件。图 7 为知识词典构建界面。

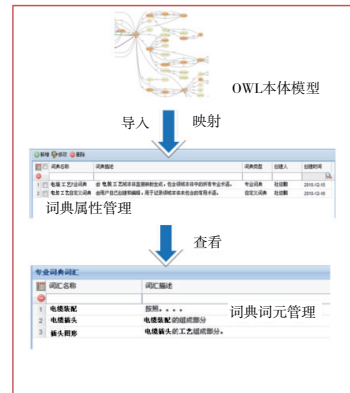


图 7 知识词典构建界面

5 结语

本文提出基于本体的电子装配工艺知识建模方法,建立了基于本体的电子装配工艺知识组织体系,并开发了基于本体的电装工艺知识建模及管理原型系统,实现电装工艺知识间及其与数字资源间的多重网络化关联关系,能够解决工艺知识相对散乱、关联性差、利用率低等问题。本文的领域本体模型使基于检索意图的知识语义匹配成为可能,后续将在本文研究基础上,探索基于语义的电装工艺知识检索,基于概念关系定义及权重,计算每条知识项与检索意图的相关度,实现语义解析扩展及知识匹配,克服传统检索词刚性匹配检索方法存在的局限性,实现知识的有效积累、共享及重用,为电子装配工艺过程建立良好的知识管理及应用环境。

参考文献:

- [1] 吉祥,顾新建,代风,等. 基于本体和粗糙集的产品设计知识推送技术[J]. 计算机集成制造系统,2013,19(1):7-20.
- [2] 王庆文,裴彦纯,周建慧,等. 一种本体与 Lucene 融合的工艺知识检索方法[J]. 制造业自动化,2015,37(23):151-156.
- [3] 张博,贾晓亮,周丹晨,等. 基于语义特征项列表的工艺知识推送技术研究[J]. 现代制造工程,2016(9):63-74.
- [4] 刘小龙,田林,田锡天,等. 基于知识的电子装配工艺规划系统研究[J]. 机床与液压,2011,39(7):41-44.
- [5] 杨光育,田林,赵东平,等. 面向电子装配的工艺知识建模方法[J]. 制造业自动化,2014,36(14):46-50.
- [6] 沈正林. 基于本体的作业指导书自组织方法研究[J]. 机械制造与自动化,2017,46(6):66-70.
- [7] 崔祥友,唐敦兵,朱海华,等. 基于本体与 SWRL 的工艺知识表示与语义推理[J]. 机械制造与自动化,2017,46(3):6-10.
- [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] 刘志,郝克俊. 基于 Protégé 的人工影响天气术语本体知识库设计与实现[J]. 中国科技术语,2019,21(6):17-23.

收稿日期:2021-08-16