

# 基于本体的液压系统故障诊断知识建模与推理

邢 勇, 陈小虎, 毋文峰

(第二炮兵工程大学, 陕西 西安 710025)

**摘要:** 为了实现液压系统故障诊断知识集成与共享, 提高知识组织和维修技术支持效率, 论文引入本体作为知识建模的技术工具, 在分析液压系统故障诊断知识结构、体系的基础上, 利用 protégé3.3.1、protégé3.4.7、protégé4.2 系列版本软件和本体构建方法构建了液压系统故障诊断知识模型, 并使用 OWL 语言描述了该本体, 实现了本体的机器可读, 通过 ProRace、Pellet、JESS 推理器和 SWRL 语言构建的液压系统液压油检测规则对构建的本体进行推理, 实现了液压系统常见的故障诊断。初步实现了基于本体的知识建模, 验证了模型的推理能力并应用于具体诊断, 为有效地管理使用液压系统领域知识提供了新的技术手段。

**关键词:** 液压系统; 故障诊断; 本体; 推理; protégé; OWL 语言

中图分类号: TP39

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2013)04-0184-05

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2013.04.045

## Knowledge Modeling and Reasoning for Hydraulic System Fault Diagnosis Based on Ontology

XING Yong, CHEN Xiao-hu, WU Wen-feng

(Second Artillery Engineering University, Xi'an 710025, China)

**Abstract:** In order to realize integration and sharing of hydraulic systems fault diagnosis knowledge, and improve the efficiency of knowledge organization and maintenance of technical support, introduce ontology as a technical tool of knowledge modeling. Based on the analysis of knowledge structure of hydraulic systems, take advantage of protégé3.3.1, protégé3.4.7, protégé4.2 series version of the software and ontology construction method to build a hydraulic system fault diagnosis model and describe the ontology with OWL, realize graphical representation. Through hydraulic system detection rules of the hydraulic oil established by ProRace, Pellet, JESS reasoner and SWRL language finish ontology reasoning, realizing junior fault diagnosis. Provide a new technique for the effective management and use of domain knowledge of the hydraulic system.

**Key words:** hydraulic system; fault diagnosis; ontology; reasoning; protégé; OWL

### 0 引言

现代高新技术在武器装备设计制造的密集使用, 使得装备知识含量大幅增加, 如何有效地集成和管理来源复杂、形式异构的装备维修保障知识已经成为装备维修技术保障信息化的瓶颈问题。

为了使得这一问题有所突破, 实现知识的共享集成, 文中引入本体作为基础理论, 借助本体编辑软件 protégé 和相关推理插件, 以装备组成中重要的液压系统为研究对象, 构建液压系统维修、故障诊断的知识模型, 形成液压系统领域本体, 并在此基础上研究故障诊断本体模型的推理。

### 1 本体的相关概念

本体(ontology)概念最早来源于希腊哲学领域, 是对世界客观存在系统的描述。随着人工智能、信息网络、知识工程的兴起, 本体作为计算机规范化描述领域知识的理论和方法, 已经成为当前信息科学研究热点。本体最为广泛接受的概念是 Studer 综合前人观点提出的“共享概念模型的明确的形式化规范说明”<sup>[1]</sup>。从这一概念中可以分析本体的作用是对共享概念的形式化, 即对客观存在中抽象的概念、概念关系、概念属性明确定义, 并使得计算机可读, 实现某一领域知识的共同理解。

本体由概念类、关系、函数、公理和实例等 5 种元素组成<sup>[2]</sup>。本体描述语言, 为了使得本体能够在不同计算机和系统中读取, 本体需要统一规范的, 并被权威机构认证的语言描述, 随着本体的发展, 本体的描述语言要求良好定义的语法、语义、有效的推理支持和充分

收稿日期: 2012-07-17; 修回日期: 2012-10-20

基金项目: 总装备部预研基金项目(9140A27020309JB4701)

作者简介: 邢 勇(1985-), 男, 陕西咸阳市人, 硕士生, 研究方向为装备技术保障。

便捷的表达能力<sup>[3]</sup>。W3C(万维网联盟)推荐的描述语言主要是XML,RDF,OWL<sup>[4]</sup>。

由于OWL本体描述语言以描述逻辑为基础,具有良好的语义和推理支持,语法简洁通用(语法结构以XML,RDF为基础),因此文中使用的本体描述语言为OWL语言。

本体编辑工具,目前比较著名的本体编辑工具主要是protégé、OILED、OntoEdit、WebODE等,文中使用protégé4.2、protege3.4系列版本软件,因为该软件是基于java开发的,提供大量开发式接口和插件,支持本体语言多样,开放源代码,采用该软件有助于本体开发和推理研究<sup>[5]</sup>。

### 2 液压系统故障诊断知识特征

液压系统是目前部队机械装备重要的组成部分,但液压系统结构较为复杂,故障较为隐蔽,因此维修诊断知识来源广泛,集成度低,其主要的特征是:

(1)维修诊断知识多源异构。液压系统维修诊断知识来源非常广泛,不仅包括液压系统自身的结构知识,还包括油液分析知识、信号处理知识、机械制造知识、使用保养知识、机械传动知识等,这些知识分布在不同的部门和相关人员中,比如生产制造部门、科研部门、相关领域专家和一线的维修使用人员。知识存储的介质和格式也繁杂多样,主要包括随装说明书、设计图纸、制造工艺说明、科研论文、各类纸质和电子技术手册,存储格式有文字、图表、XML语言等,甚至还有隐含在专家和维修人员头脑中的隐性知识和经验,这些都造成了维修诊断知识共享重用程度低<sup>[6]</sup>。

(2)诊断知识进化迅速。液压系统故障诊断的新技术和新手段近年来层出不穷,比如基于神经网络的故障诊断算法、人工智能故障诊断系统和其他新型的信号处理技术手段,诊断知识在深度和广度上不断扩展,知识结构日益复杂、内容日益庞杂。此外,液压系统自身的发展也使得维修保养知识不断扩充和进步。

(3)故障知识层次复杂、相关性强。液压系统故障、症状、原因之间关系相互重叠与交叉,一个故障源可能引起多个元件的故障症状,一个故障症状也可能由多个故障源叠加形成。比如液压系统执行元件爬行的原因就可能包括负载过大、系统存在泄漏口、泵故障等。

针对液压系统的知识特征,需要建立统一的模型对知识进行描述,寻求合适的方法共享和集成液压系统故障诊断知识,提高维修信息化水平和维修效率。

### 3 液压系统故障诊断知识模型构建

本体构建的原则(Gruber,1995)主要包括:清晰性

(clarity)、一致性(coherence)、可扩展性(extendibility)、编码最少(minimaleencodingbias)。目前比较成熟的方法有TOVE方法、METHONTOLOGY、本体生命周期法、KACTUS、SENSUS、Ontosaurus、ODE(Ontology Design Environment)<sup>[7]</sup>等,文中液压系统故障诊断本体建模方法如图1所示,在知识特征分析的基础上,综合了上述方法利用protégé本体编辑软件进行本体构建。

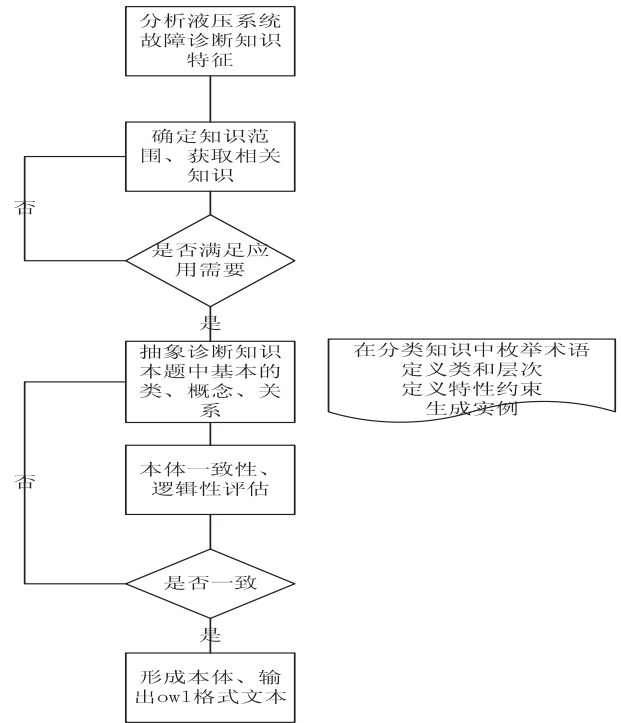


图1 本体构建流程图

本体的类:

```

<owl:Ontology rdf:about="" />
<owl:Class rdf:ID="动力元件">
<owl:disjointWith>
<owl:Class rdf:ID="执行元件"/>
</owl:disjointWith>
<owl:disjointWith>
<owl:Class rdf:ID="控制元件"/>
</owl:disjointWith>
<rdfs:subClassOf>
<owl:Class rdf:ID="液压系统结构"/>
</rdfs:subClassOf>
</owl:Class>

```

本体属性关系为:

故障↔故障部位 关系(属性)名称 故障部位\_is  
故障↔故障模式 关系(属性)名称 故障模式\_is  
故障↔故障现象 关系(属性)名称 故障现象\_is  
故障↔处理方法 关系(属性)名称 处理方法\_is  
故障↔故障原因 关系(属性)名称 故障原因\_is  
构建本体如图2所示:

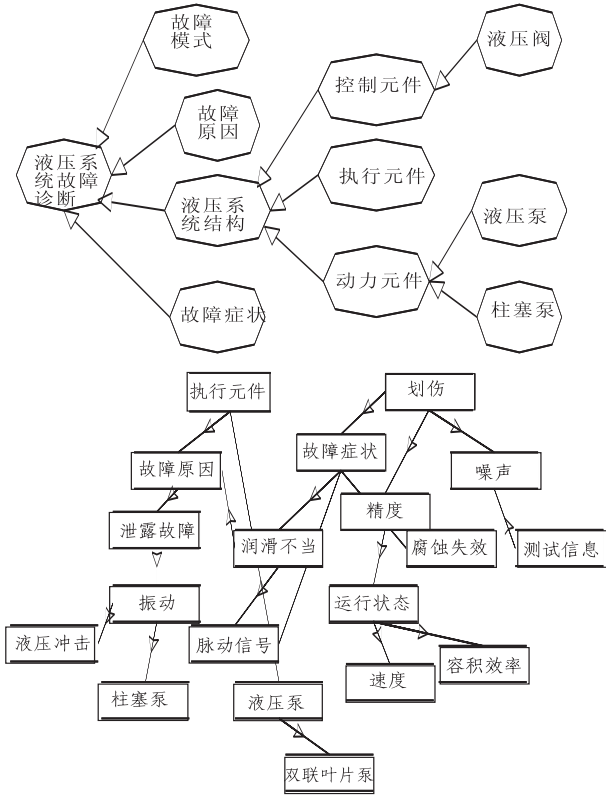


图 2 液压系统故障诊断本体

OWL 语言片段如下所示:

```
<? xml version = "1.0" ? >
<owl:Class rdf:ID = " 液压泵泄露故障" >
<owl:equivalentClass>
<owl:Class>
<owl:unionOf rdf:parseType = " Collection" >
<owl:Restriction>
<owl:someValuesFrom rdf:resource = "#液压泵表面
温度升高" />
<owl:onProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:about = "#fault_symptoms_
is" />
</owl:onProperty>
</owl:Restriction>
<owl:Restriction>
<owl:onProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:about = "#fault_symptoms_
is" />
</owl:onProperty>
<owl:someValuesFrom rdf:resource = "#液压系统推
力不足" />
</owl:Restriction>
```

### 4 本体的推理

描述本体的 OWL 语言是基于描述逻辑构建的语

言体系,这使得其具有很强的表达与推理能力,描述逻辑(Discription Logic, DL),是基于对象的知识表示形式化工具,是谓词逻辑的一个可判定子集<sup>[8]</sup>。描述逻辑的基础元素是概念与角色,通过构造算子实现复杂概念的描述。

论文通过对本体推理原理和工具的研究,以液压系统故障诊断本体为研究对象,实现了故障诊断的部分推理。通过类(class)和个体(individual)推理,实现较为基础的故障诊断为复杂故障诊断本体推理奠定基础。

#### 4.1 类(class)推理

利用 protégé 软件中推理工具(reasoner): Pellet、Hermit、RacePro 等,实现本体的类推理。

设置三个不同症状的故障类,分别为 F1、F2、F3,三个故障类故障部位都是液压泵,症状分别是输出流量下降、表面温度升高和油温升高。图 3 是类推理图示,通过推理可知三个故障类的故障现象都是液压泵配流盘磨损失效引起的,实际故障诊断中,液压泵的配流盘磨损后主要表现的故障症状是上述三个故障类所描述的故障症状,即一个故障源引起多种故障症状。

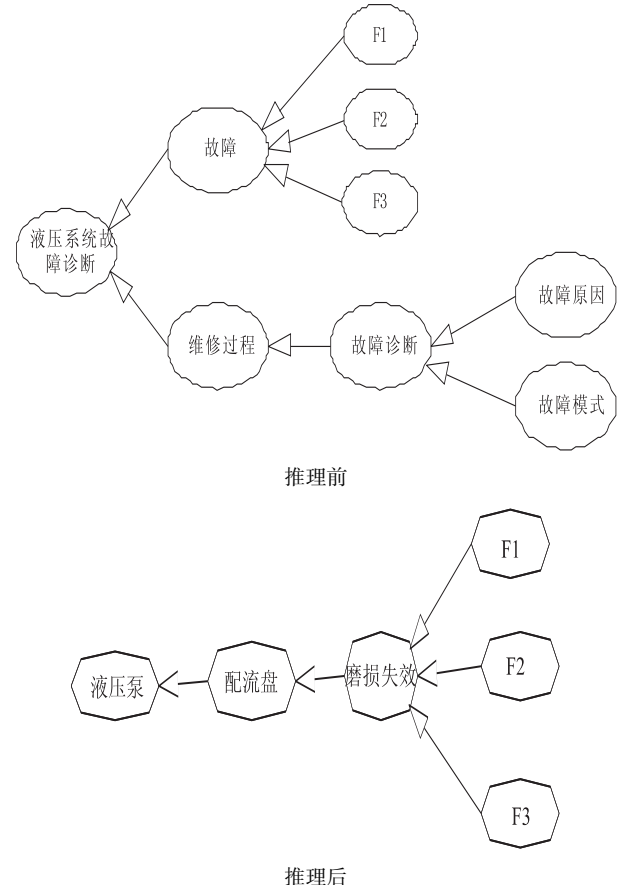


图 3 类推理图示

#### 4.2 具体实例(individual)推理

在构建通用本体模型本体后,可以对具体型号的液压系统故障进行推理。个体是类的具体实例,通过

Pellet 推理器实现推理过程。在这里对 QYJ40B 起重机故障诊断进行实例推理。设置该起重机吊钩无法升起故障,且达不到规定压力。

推理前:压力调节功能失效类在推理前无实例成员。推理后,如图 4 所示:测试故障实例成为溢流阀磨损实例,推理完毕。通过实例推理,可知 QYJ40B 起重机卷扬故障实例,是由于压力调节功能失效引起的,故障元件为上车多路阀 P3 处的溢流阀或高度限位电流溢流阀。

描述 QYJ40B 故障定位流程如下所示:

故障(? x) ∧ 故障症状\_is(? x, QYJ40B 吊钩不能起升) ∧ 故障症状\_is(? x, QYJ40B 吊钩起升开关位置) → 故障位置\_is(? x, QYJ40B 吊钩起升开关位置)

故障(? x) ∧ 故障症状\_is(? x, QYJ40B 吊钩不能起升) ∧ 故障症状\_is(? x, 压力 P1\_调定) ∧ 测试值-is(压力 P1\_调定, ? y) ∧ swrlb: notEqual(? y, 19.0) → 检查运行是否正常\_is(? x, 电磁阀-YF3)

故障(? x) ∧ 故障症状\_is(? x, QYJ40B 吊钩不能起升) ∧ 故障症状\_is(? x, 钢丝绳) → 故障位置\_is(? x, 钢丝绳)

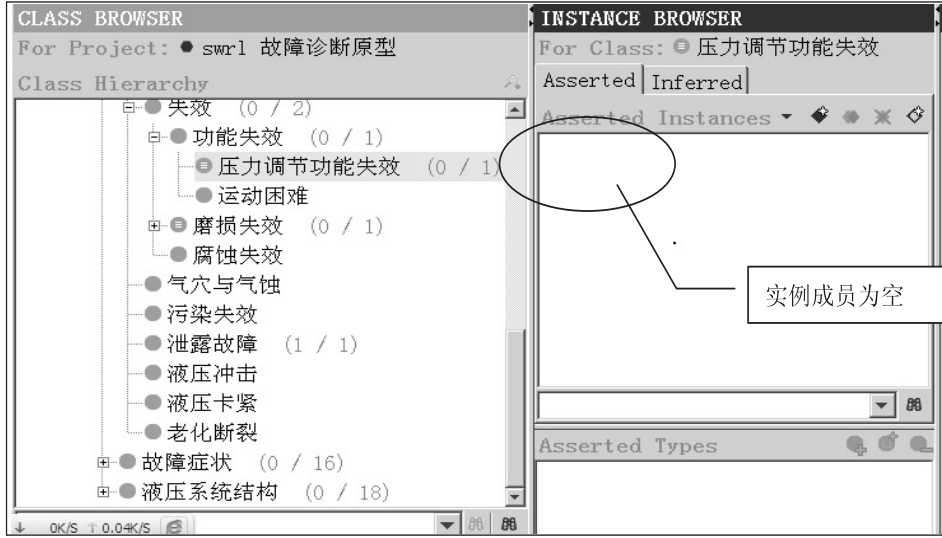
故障(? x) ∧ 故障症状\_is(? x, QYJ40B 吊钩不能起升) ∧ 功能正常\_is(? x, 钢丝绳) → 检查运行是否正常\_is(? x, 压力 P1\_调定)

利用 protégé 软件中 JESS 推理器进行推理,将推理规则格式转换为 JESS 语言格式,推理结果如图 5 所示。

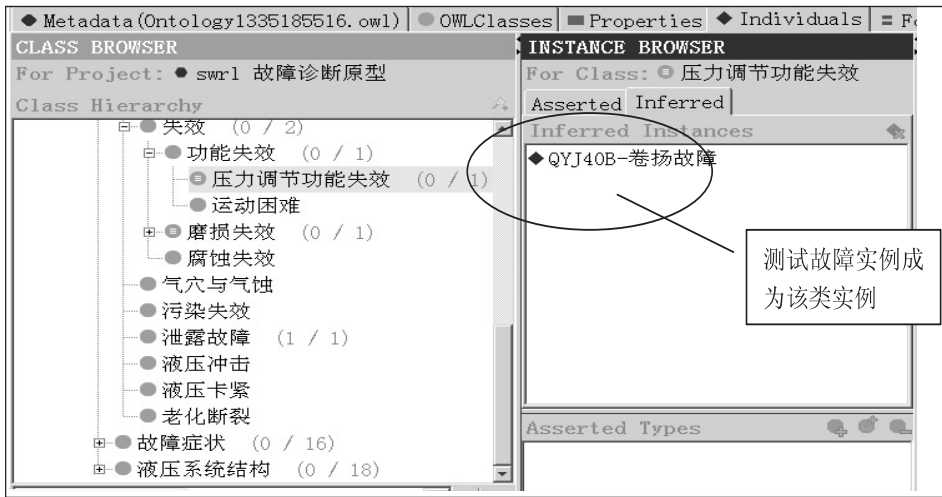
### 5 结束语

本体作为领域模型或概念模型的构建工具,可以描述应用领域知识,形成公共领域概念,实现知识集成与共享<sup>[11]</sup>。文中以液压系统诊断知识作为研究对象,使用 protégé 本体编辑软件构建了液压系统通用本体,通过 protégé 本体编辑软件设置液压系统故障结合推理规则与 Reasoner (推理器)进行本体推理,将本体引入液压系统故障诊断领域,初步实现了基于本体的知识建模,验证了模型的推理能力并应用于具体诊断。

通过研究与实践,利用本体在知识建模和获取的优势,能够有效地解决液压系统异构知识的集成共享,为有效地管理使用液压系统领域知识提供了新的技术手段。



推理前



推理后

图 4 实例推理前后

### 4.3 SWRL 语言推理

SWRL 语言是经过 W3C 组织推荐的语义网规则语言,SWRL(Semantic Web Rule Language)是集本体和规则于一体的一种语言,它的规则部分是由 RuleML 所演变而来,再结合 OWL 形成<sup>[9]</sup>。SWRL 在 OWL 中加入了规则,因此能够提供更强的逻辑表达能力<sup>[10]</sup>。通过定义 SWRL 语言规则,可以进行相关推理,在这里,借助该规则语言实现故障定位。



SWRL 规则转换为 JESS 规则格式



推理结果

图 5 SWRL 推理过程

参考文献:

[1] 甘建侯,姜跃,夏幼明. 本体方法及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 37-43.

[2] Connolly D, van Harmelen F, Horrocks I, et al. DAML+OIL (March 2001) Reference Description[EB/OL]. 2001-12. <http://www.w3.org/TR/2001/NOTE-daml+oil-reference-20011218>.

[3] 戴维民. 语义网信息组织技术与方法[M]. 上海: 学林出版社, 2008.

[4] Gruber T R. Towards Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing[J]. International Journal of Human Computer Studies, 1995, 43(5): 907-928.

[5] 李晓辉,王盼卿,王寅龙. 基于本体的装备领域信息集成研究[J]. 计算机技术与发展, 2011, 21(4): 60-64.

[6] 陈立峰,宋金玉,石坚. 军事通信领域本体构建与分析[J]. 计算机技术与发展, 2011, 21(7): 60-64.

[7] Mei J, Bontas E P. Reasoning Paradigms for SWRL-enabled Ontologies[C]//Proc of International Workshop on Protégé with Rules. Madrid, Spain: [s. n.], 2005.

[8] 邓志鸿,唐世渭,张铭. 本体论研究综述[J]. 计算机研究与发展, 2004, 41(7): 1041-1052.

[9] SWRL Specification[EB/OL]. 2003. <http://www.w3.org/Submission/SWRL/2003>.

[10] Protégé SWRL Editor FAQ[EB/OL]. 2002. <http://protege.stanford.edu/plugins/owl/swrl/2002>.

[11] 牟冬梅,范轶. 基于 SWRL 推理机制的心电图本体设计与实现[J]. 情报学报, 2010, 29(5): 954-960.

(上接第 183 页)

[5] 刘国亮,柳和生,匡唐清. 基于 ODBC 数据库的 CAD 软件开发[J]. 橡塑技术与装备, 2006(2): 49-52.

[6] 钟军. Visual Basic 数据库高级实例导航[M]. 北京: 科学出版社, 2004.

[7] 孙立明,刘琳. Visual FoxPro 7.0 高级编程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.

[8] Kriegel A, Trukhnov B M. SQL 宝典[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2009.

[9] 孟祥旭. 参数化设计模型的研究与实现[D]. 南京: 中国科学院计算技术研究所, 1998.

[10] 孙向东. 三维模型空间几何变换的计算[J]. 电脑开发与应用, 2002, 15(8): 31-32.

[11] 宁少慧,孟文俊,张亮有. 基于三维模型的传动滚筒参数化程序设计[J]. 机械工程与自动化, 2011(10): 18-22.

[12] 叶明,张净. 基于 C#.NET 的 Word 报告生成功能开发[J]. 计算机工程与应用, 2008(9): 104-106.

[13] 张玉芳. 在 Word 报告中插入 Excel 报表[J]. 信息技术, 2002(8): 62-64.

[14] 陈锦昌,赵明秀,张国栋,等. VB 计算机绘图教程[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2003.

# 基于本体的液压系统故障诊断知识建模与推理

作者: 邢勇, 陈小虎, 毋文峰  
作者单位: 第二炮兵工程大学, 陕西 西安710025  
刊名: 计算机技术与发展  
英文刊名: Computer Technology and Development  
年, 卷(期): 2013(4)

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wjfz201304047.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjfz201304047.aspx)