

计算机本体理论在石油勘探开发知识管理系统中的应用研究^①

邓小亚

(四川文理学院 计算机科学系, 达州 635000)

摘要: 本体论与各个领域计算机技术的发展结合产生了所谓的“领域本体”的构建及应用研究, 首先介绍了计算机本体理论的基本概念, 接着给出石油勘探开发知识管理系统的框架设计, 然后提出基于多层次业务流程的石油勘探和开发领域知识本体库的构建方法, 把石油勘探开发领域所涉及方面分为多级业务活动层次, 并以采油工程方案为例列出了对应的知识本体库构建方法的探讨.

关键词: 本体; 领域本体; 石油本体库; 知识工程; 采油工程

Computer Application of Ontology Theory in Petroleum Exploration and Development of a Knowledge Management System

DENG Xiao-Ya

(Department of Computer Science, Sichuan University of Arts and Science, Dazhou 635000, China)

Abstract: Ontology combined with the development of computer technology in all fields initiated the research of construction and application for so-called “domain ontology”. This article starts with the basic concept of computer ontology theory, then gives the oil exploration and development of knowledge management system framework design, and provides a construction method of oil exploration and development domain ontology based on a multi-level business process, and divides the oil exploration and development domain into multistage business activity levels, and takes oil extraction engineering as example and discusses the corresponding knowledge base construction method.

Key words: ontology; domain ontology; oil ontology; knowledge engineering; oil extraction engineering

1 引言

本体论(Ontology)概念起源于哲学领域, 在计算机学科的使用可以追溯到上世纪 80 年代, 最终 Gruber 给出了广泛接受的概念^[1-3]: 本体是概念化的明确的规范化说明.

这个定义的描述体现了本体的四层含义:

(1) 概念模型(conceptualization)

通过抽象出客观世界中一些现象的相关概念而得到的模型, 其表示的含义独立于具体的环境状态;

(2) 明确(explicit)

所使用的概念及使用这些概念的约束都有明确的定义;

(3) 形式化(formal)

本体是计算机可读的, 即能被计算机处理;

(4) 共享(share)

本体中体现的是共同认可的知识, 反映的是相关领域中公认的概念集, 它所针对的是团体而不是个体.

本体的目标是捕获相关领域的知识, 提供对该领域知识的共同理解, 确定该领域内共同认可的词汇, 并从不同层次的形式化模式上给出这些词汇(术语)和词汇间相互关系的明确定义. 构造本体可以实现相关领域的知识共享和重用, 提高系统通讯、互操作、可靠性的能力. 如今本体已广泛应用于知识工程、人工智能等计算机科学领域. 以本文为例即探讨计算机本

^① 基金项目:四川文理学院科研项目(2011Z006Y)

收稿时间:2013-04-12;收到修改稿时间:2013-05-13

体理论在石油勘探开发知识管理系统中的应用。

2 石油勘探开发知识管理系统框架介绍

石油勘探开发知识管理系统是石油领域构建统一知识模型的探索研究,使用者包含系统管理员、专家用户和一般用户,在本系统中,系统管理员负责知识库的维护与更新,用户的管理;用户是由两类人员构成:专家用户和一般用户,专家用户拥有一般用户所

不具有的“更新本体知识库”的权限。

系统框架结构如图 1 所示,包含四大功能模块:知识模型、知识搜索、知识抽取和系统管理.知识模型分为两大部分:静态本体模型和动态过程模型;知识搜索部分细分为了三个功能单元:本体搜索、过程搜索和一般搜索;系统管理部分分成了:用户管理和其他管理,其中其他管理主要包括本体知识库的维护和更新。

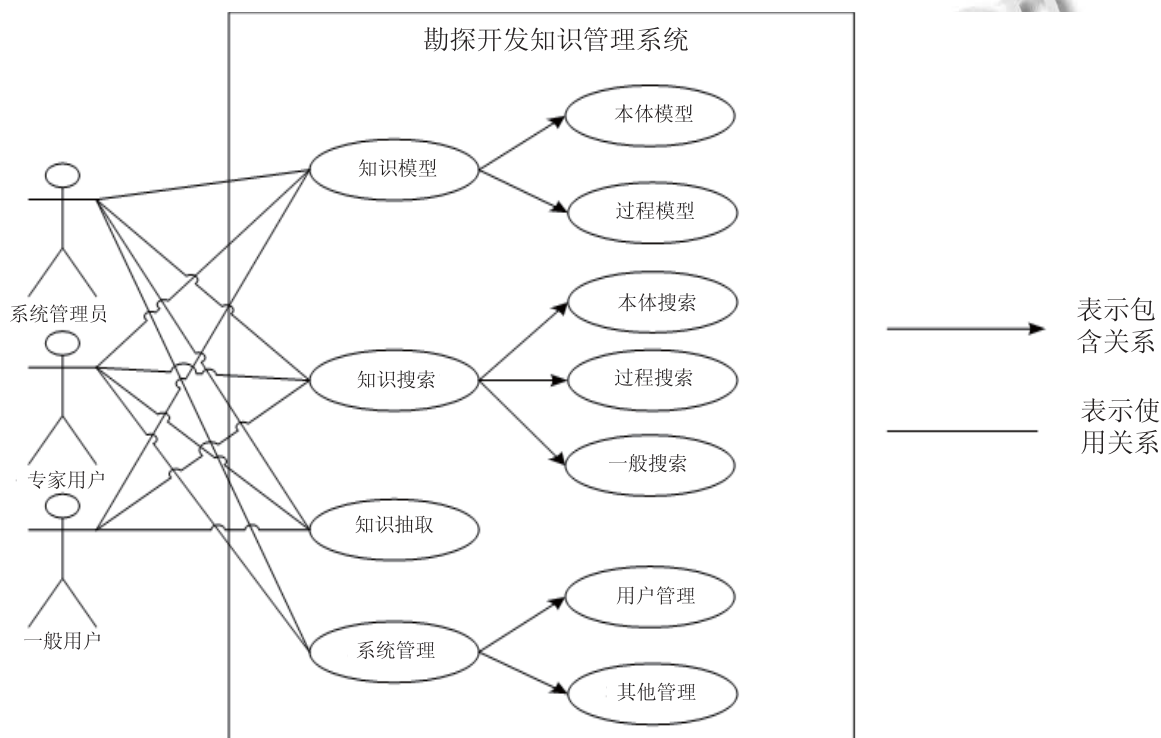


图 1 勘探开发知识管理系统功能结构

石油勘探开发领域知识管理系统构建的基础是石油本体知识模型的构建以及本体知识库的建立。

3 石油本体模型

3.1 模型构建原理

石油勘探开发按照传统的资产生命周期分为勘探、油藏评价、开发、生产和废弃 5 个阶段.多层次业务模型指的是依照石油勘探开发生命周期中各个阶段业务的不同构建各自侧重的子本体知识模型,其核心在于理解知识模型的相关组成关系,即“对象-活动-特性”关系.如图 2 所示,它们之间在一定的业务规则下构成了相互支持的一个整体,共同构成了知识模型的建立基础。

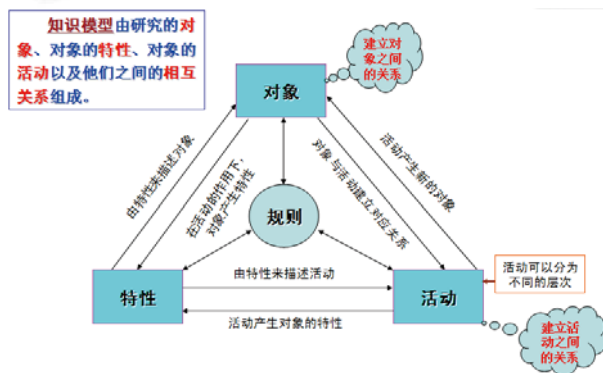


图 2 本体知识库建立模型

业务活动应是一类凝聚性的活动,其特征表现为以下几点: (1)一个活动会产生某种清晰可识别的结果。

这种结果可以是一个方案、一个报表、一种图件、一个数据体等等。相反，一个非凝聚性的活动，总是产生不可确定的结果，或者几个无关的结果。(2)有清楚的时空界限。在这个确定的时间和空间里，可清楚地指出，谁在这个活动中工作和谁不在这个活动中工作。活动有时间性，可以确定开始时间和结束时间。凝聚性的活动之间的转换具有清楚标志，而非凝聚性的活动则相互重叠复杂，不能确定在何时何地进行。(3)是一个执行业务单元。活动的管理职责有类似的明确规定，它明确规定由一个人或一个小组去执行而产生结果并为此负责。而一个没有明确定义的活动可能由一些不确定的人去执行，谁应该做什么是不明确的，他们的工作虽有某种协同，但不作为一个整体去工作，互相缺乏良好联系和配合。(4)在很大程度上是独立于其它活动的。如果一个活动按某种方式与另一个活动相互作用十分紧密，就可以把它看作一个活动。

3.2 知识模型形成

知识模型的形成过程包含了五个部分：业务分析、知识分析、知识标准化、逻辑模型和知识应用，如图 3 所示。下面分别介绍：



图 3 知识模型形成过程

在勘探开发中，业务分析主要集中在两个部分：

勘探井位部署和开发方案确立。以勘探井位部署为例，其业务分析包括：评价过程研究、部署标准确定、数据流程分析和本体系统管理。

知识分析部分包括：数据分析、模型分析、过程分析、标准分析和知识定义。其中知识定义又包含：知识类型、知识来源、存储方式和来源单位。

知识标准化部分包括：专业词汇的层次划分和关联组合、建立目标的逻辑模型、相关数据的抽取分类和业务流程与评价指标的映射。

逻辑模型包括：目标逻辑模型在本体库中的映射、建立相应的对象模型、对象属性、对象活动和相关关联、模型客户化。

知识应用包括：系统开发和推广应用、根据油田新问题和新需求进行模型扩充和完善。

3.3 本体理论模型

基本词汇基于《石油勘探开发百科全书》和本体知识结构基于多层次业务流的本体知识模型的建立过程，其核心在于本体模型的构建，以业务主题作为本体结构的模型如图 4 所示。

一个专业领域的本体模型首先必须确定一个业务主题，在相关业务主题的指导下收集和整理该业务范围内的所有的词汇和专业术语，然后按照词汇的等级合理划分词集，以树形的结构模式组织这些词汇之间的关系，在词集整理完善的基础上要建立这些词汇的概念、属性、评价技术和参数、操作流程和识别标准以及词汇之间的关系等，就形成了一个完整的领域本体模型。

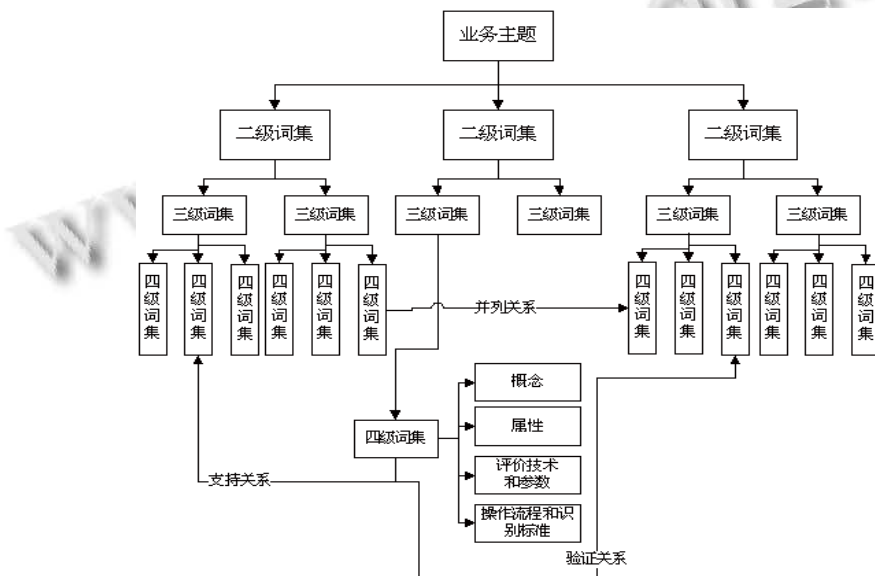


图 4 本体业务模型结构

4 以采油工程方案本体构建为例

在相关业务主题的指导下收集和整理该业务范围内的所有的词汇和专业术语，然后按照词汇的等级合理规划分词集，以树形的结构模式组织这些词汇之间的关系，在词集整理完善的基础上要建立这些词汇的概念、属性、评价技术和参数、操作流程和识别标准以及词汇之间的关系等，就形成了一个完整的领域本体模型。

4.1 采油工程本体模型

采油工程是指油井完钻后为实现油田开发目标，安全、合理、高效地将地下原油采出地面，对生产井或注入井所采取的各项工程技术措施的系统工程。原油采出地面的方法分为自喷采油法和人工举升采油法两种。在油气勘探开发过程中采油工程起着十分重要

的作用，其目的是实现油藏工程方案的各项开发指标并高效开发油田，同时还要与石油钻井工程、油气田地面工程结合，保证油田正常开采。而采油工程方案主要指以油田开发总体建设方案为基础，针对油田开发全过程编制的对生产井或注入井以及油藏进行一系列工程技术措施的指导文件。应确保使油气以最小的阻力流入井底，并经济有效地举升到地面。同时承上启下对钻井工程和地面工程提出要求，以达到经济高效开发油田的目的。开发油田是一项庞大而复杂的系统工程，在油田投入正式开发之前，必须编制采油工程方案，尽可能地减少决策错误造成的损失。根据构建业务本体模型原则，把采油工程方案分为：完井方案、注水工艺、采油方式和油层改造四个基本部分。它对应的本体知识层次模型结构如图 5 所示。

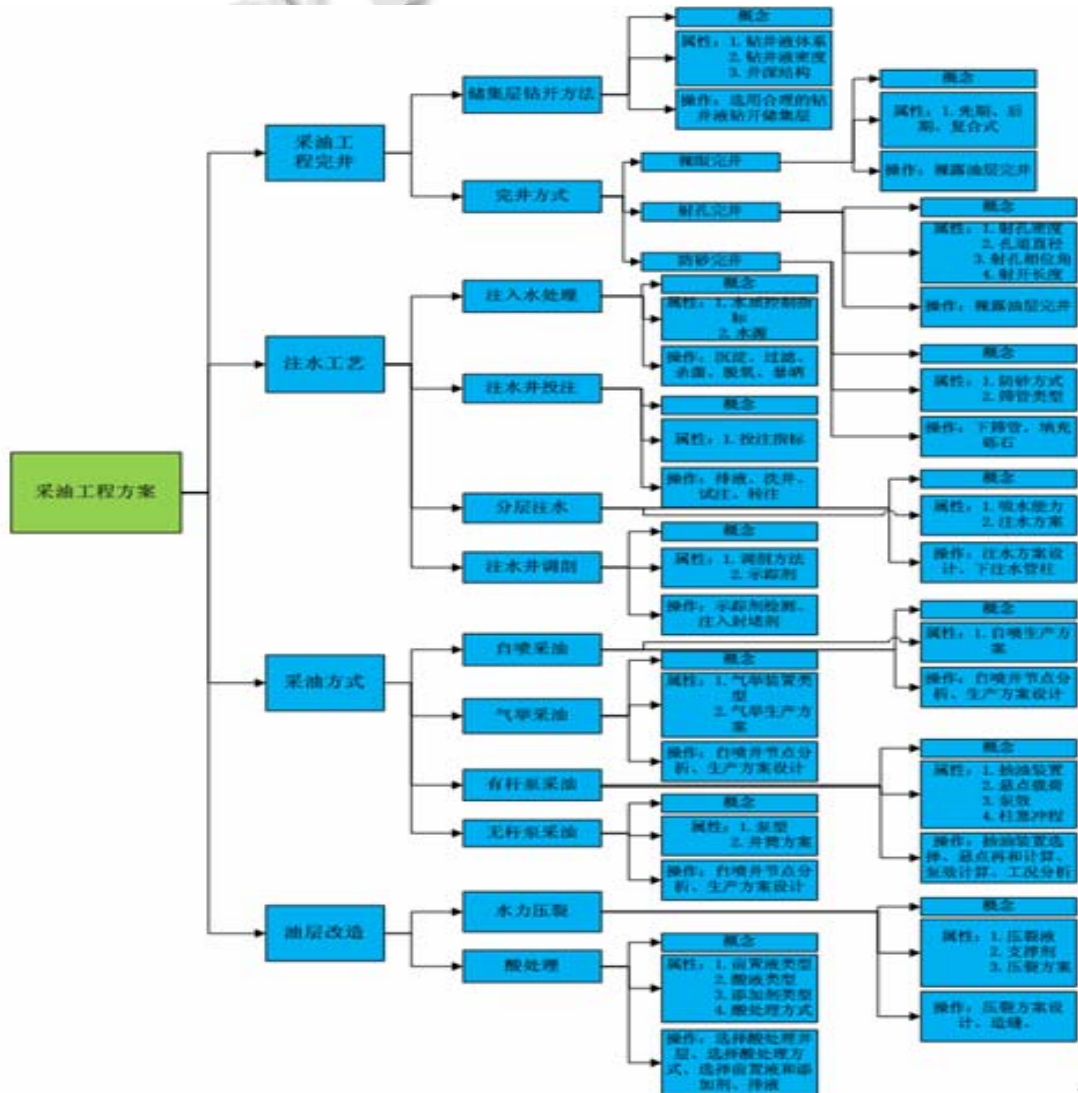


图 5 采油工程方案本体知识结构模型

以其中的完井方案本体知识模型为例，它同样处于石油勘探开发领域本体知识模型的第三层级，其上层级为采油工程方案本体，下层级包括：储集层钻开方法和完井方式等 2 个微本体基本词汇。它对应的本体知识层级结构图如图 6 所示：

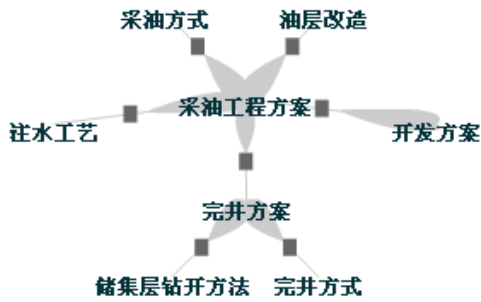


图 6 完井方案本体层级结构

完井方案本体知识模型的 OWL 语言描述如下：

```

<owl:Class rdf:ID="完井方案" >
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#采油工程方案"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="储集层钻开方法" >
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#完井方案"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="完井方式" >
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#完井方案"/>
</owl:Class>

```

4.2 过程模型

采油工程方案本体知识模型包括五个部分，其本身就存在开发过程中的顺序关系，它们对应的过程模型如图 7 所示。依次顺序为：完井方案设计、注水工艺设计、采油方式选择、油层改造方案设计和动态监测方案设计。

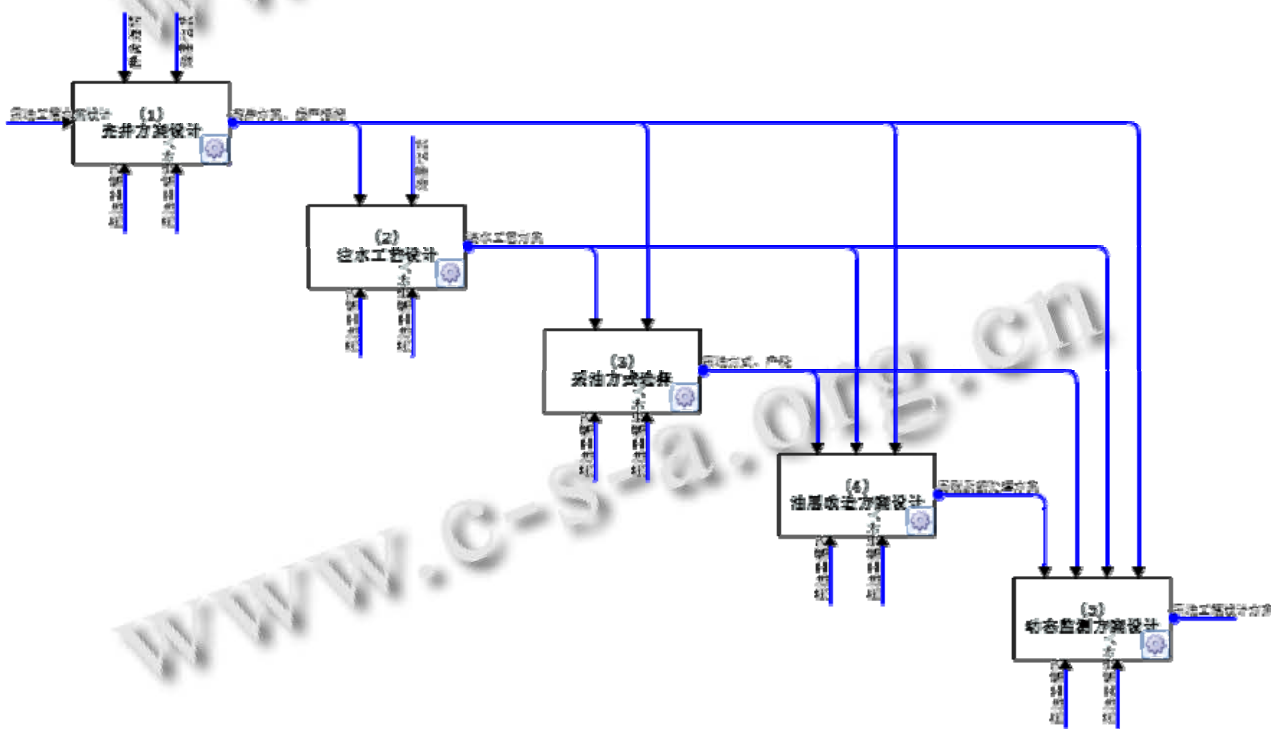


图 7 采油工程过程知识模型

以第一步的完井方案设计为例，它需要采油工程院、采油工程设计人员等参与者在进入采油工程设计阶段时准备好相应的井深结构、储层性质等需要的数据信息，由岩性与储层类型数据设计与选型得到相应的生产套管类型、尺寸；由储层敏感性数据，对注入液体的要求得到储层保护措施如地层配伍液体、入

井液体系、注入水水质等，再经过泥浆浸泡时间要求、入井液体系要求、注水水质要求等对比分析得出射孔方案；由节电系统敏感性类别分析得到油管及套管敏感性分析结果，进而经过完井方式选择得到完井方式。由上面的三类结论最终得到优化的完井工程方案。

经过严密的方案设计过程得到优选出的完井工程

方案等初步设计方案的过程如图 8 所示. 同时将结论传给下面的各个工程方案设计. 依次类推, 直至经过

动态监测方案设计后得出最终的优化的采油工程设计方案.

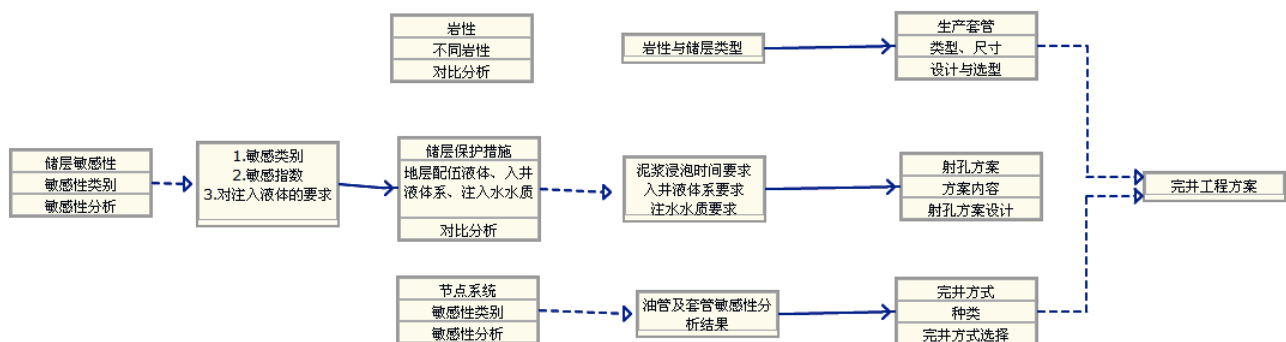


图 8 完井方案设计的过程模型

5 总结

构建石油勘探开发领域的知识管理系统是一个非常浩大的知识系统工程, 这其中又以勘探开发本体知识模型库的建立为其知识系统工程的核心, 在其他领域知识系统工程中, 其对应的本体的构建与应用同样具有广阔的发展前景, 本文提供了知识系统工程在石油勘探开发领域一种基于业务流程的多层次本体构建方案知识模型的探讨. 可以预见: 在不久的将来, 各种领域的知识系统工程的构建与应用会对人类社会的进步作出巨大的贡献.

参考文献

- 1 Grube TR. Ontolingua: A Translation Approach to Potable Ontology SPecification. Knowledge Acquisition,1993,5(2): 199-200.
- 2 Bomt WN. Construction of Engineering Ontofogies for Knowledge Sharing and Reuse[PhD Thesis].Enschede: University of Twente,1997.
- 3 Noy F, Hafher CD. The State of the Art in Ontology Design. A Survey and Comparatlve Review. AI Magazine, 1997:53-74.
- 4 Yuan GM, Li HQ, Fan B. Discussion on the Construction Method of Oil Exploration and Development Domain Ontology. IEEE 2011 International Conference on Electronics and Optoelectronics (ICEOE 2011), 2011,4:401- 403.
- 5 冯志勇,李文杰,李晓红.本体论工程及其应用.北京:清华大学出版社,2007.

- 6 袁国铭,陈殊聪,辛盈,邓小亚.本体构建理论在石油领域的应用研究.计算技术与自动化,2011,30(3):113-118.
- 7 袁国铭,李洪奇.关于决策支持系统的综述.微型机与应用,2010,29(23):5-7.
- 8 汪福勇,李爱国.浅谈中国石油信息标准化.石油工业计算机应用,2005,13(1):2-6.
- 9 Guarino N. Formal Ontology and Information Systems. Proc. of the 1st International Conference on Formal Ontology in Information Systems (FOIS'98). Trento, Italy: IOS Press, 1998, 3-15.
- 10 Guarino N, Carrara M, Giaretta P. Formalizing Ontological Commitments. Proc. of 12th National Conference on Artificial Intelligence(AAAI'94).Seattle,Washington,USA,1994, 1:560-568.
- 11 邓志鸿,唐世渭,杨冬青,等.本体内代数系统之研究.计算机工程与应用,2001,7(23):7-8.
- 12 Mika P. Ontologies are us: A unified model of social networks and semantics. Web Semantics:Science, Services and Agents on the World Wide Web,2007,5(1):5-15 .
- 13 杨义忠,王承勇,林淑凤.石油主题词表.北京:石油工业出版社,1994.
- 14 刘宝和.中国石油勘探开发百科全书.北京:石油工业出版社,2008.
- 15 袁国铭,李洪奇,樊波.关于知识工程的发展综述.计算技术与自动化,2011,30(1):138-143.