

# 基于实例规则的采煤机 CAE 设计知识集成

范秋霞 杨兆建

(太原理工大学 机械工程学院,山西 太原 030024)

**摘要:**为解决采煤机零部件详细设计阶段重复性问题,结合采煤机零部件结构特点,提出了采煤机零部件 CAE 设计本体多层次集成方法。此方法重点构建采煤机设计本体实例关系桥原则和集成规则,改进已成熟的结构-语义-属性三层次集成方法,并给出采煤机 CAE 设计本体集成流程。通过 2 个不同知识结构的无链牵引采煤机 CAE 设计本体集成实例,证明此集成方法具有可行性。

**关键词:**采煤机;本体集成;CAE;关系桥规则;多层次

中图分类号:TD40 文献标志码:A 文章编号:0253-2336(2014)05-0084-04

## Integration Method for Shearer CAE Design Knowlege Based on Case Rules

FAN Qiu-xia YANG Zhao-jian

(College of Mechanical Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

**Abstract:** In order to solve repeatability problem existed in detailed design of shearer parts, in combination with structure characteristics of shearer parts, a multi-level integration method of shearer parts concept design ontology was proposed. Construction of the cases relation bridge rules and the integration rules were established importantly. The ripe three levels integration method of structure-semantics-specific was improved and integration process of the shearer CAE design ontology was given. At last, the method was proved to be valid by an integrated case of two different chainless haulage shearer design ontology.

**Key words:** shearer; ontology integration; CAE; relation bridge rules; multi-level

## 0 引言

采煤机具有种类繁多,零部件多而散的特点<sup>[1]</sup> 其开发是典型的知识密集型工作<sup>[2]</sup>,而其开发的基础之一是 CAE 设计知识。近年来 国内外专家已经开始使用现代设计方法研究采煤机,文献[3]利用分析软件对采煤机摇臂进行应力计算和有限元分析;李晓豁等<sup>[4]</sup>利用 Pro/E 软件建立了连续采煤机截割滚筒参数化设计系统,并且应用先进算法进行采煤机优化设计<sup>[5]</sup>。丁华等<sup>[6-8]</sup>提出面向知识工程的采煤机现代设计方法,赵丽娟等<sup>[9]</sup>提出应用虚拟样机技术对采煤机进行分析计算。以上研究为笔者提供了有效的借鉴与参考,但存在以下问题:  
①现有辅助设计仅局限于建模分析等,不能将设计过程与经验全面结合,不能实现设计智能化;  
②采煤

机 CAE 设计资源的共享与重用问题,以及如何消除知识冗余等问题未能得到解决。因此,笔者为了能将专家经验及采煤机 CAE 设计手册资料等有效共享和重用,结合采煤机的结构特点、工业实用性以及设计的封闭性,针对采煤机设计知识的语义、结构、属性和实例 4 个层次构建了关系桥原则<sup>[10]</sup>和集成原则。

## 1 采煤机 CAE 设计本体集成原理

### 1.1 采煤机 CAE 设计本体构建

采煤机 CAE 设计本体是对采煤机零部件属性和 CAE 设计知识与技术进行正规化处理后,采用模块本体方法,如 is-part-of(采煤机 CAE 服务模块 截割部 摆臂),对技术服务中各概念之间关系进行语义建模,得到采煤机零部件结构化的语义概念模

收稿日期:2013-09-22;责任编辑:赵瑞 DOI:10.13199/j.cnki.est.2014.05.023

基金项目:山西省科技重大专项资助项目(2010091014);山西省科技基础条件平台建设资助项目(20111101040)

作者简介:范秋霞(1981—),女,山西孝义人,博士研究生。通信作者:杨兆建,教授,博士生导师,E-mail:yangzhaojian@tyut.edu.cn

引用格式:范秋霞,杨兆建.基于实例规则的采煤机 CAE 设计知识集成[J].煤炭科学技术,2014,42(5):84-87.

FAN Qiu-xia, YANG Zhao-jian. Integration Method for Shearer CAE Design Knowlege Based on Case Rules [J]. Coal Science and Technology, 2014, 42(5):84-87.

型 即  $SO = \{C_S, C_{SC}, R_S, R_{SC}, A_{SO}, I_S, update\}$ , 其中:  $C_S$  为采煤机 CAE 设计模块 S 包含的概念集合;  $C_{SC}$  为概念的属性集合;  $R_S$  为 S 的关系集合;  $R_{SC}$  为关系的属性集合;  $A_{SO}$  为公理集合;  $I_S$  为 S 实例集合;  $update$  为概念的更新情况集合。概念之间有聚集关系、继承关系、实例关系、属性关系等。

## 1.2 采煤机 CAE 设计本体集成

采煤机 CAE 设计本体集成原理如图 1 所示。无链牵引采煤机本体 1 中牵引部本体 1 包含齿轮式牵引、销轨式牵引和链轨式牵引。牵引部本体 2 虽与牵引部本体 1 有相同的名称, 但其内涵则与本体 1 不同, 包含齿轮销轨型、销轨齿条型、强力链轮链轨型和复合齿轮齿条型。图 1 中 BR1、BR2、BR3、BR4 表示本体之间的关系规则, 根据这些规则完成采煤机 CAE 设计本体集成。

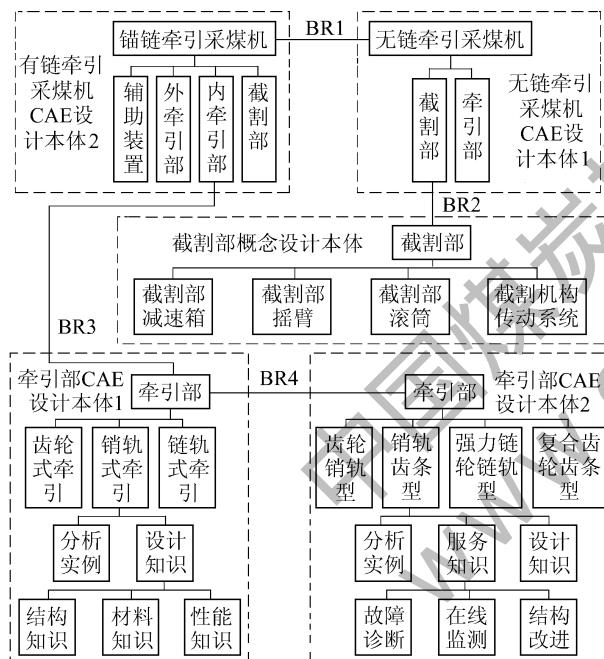


图 1 采煤机 CAE 设计本体集成原理

## 1.3 采煤机 CAE 设计本体集成推理

采用 D3L<sup>[11]</sup> 对采煤机 CAE 设计本体进行推理(图 2)。首先对采煤机 CAE 设计本体的牵引部、截割部子本体中具体零部件的名称、分析实例、设计知识等属性及关系进行解析, 生成采煤机 CAE 设计本体的临时 ABox 和 TBox, 再提交给 FaCT<sup>[12]</sup> 推理器, 并将判定的类型询问提交给推理器, 得出推理结果。

## 2 采煤机 CAE 设计本体集成方法

采煤机 CAE 设计本体的集成分 2 个阶段: 第 1 阶段是根据采煤机的结构及关系划分采煤机子本

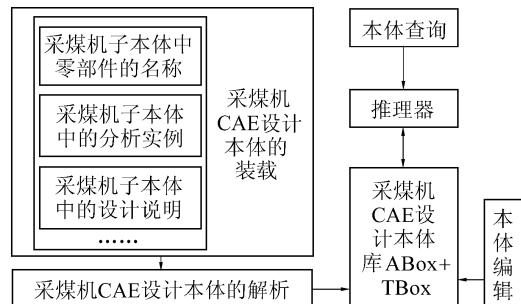


图 2 采煤机 CAE 设计本体集成推理

体。例如采煤机可分为无链牵引采煤机 CAE 设计本体 1 和有链牵引采煤机 CAE 设计本体 2。第 2 阶段是采用采煤机零部件、设计知识等相应关系桥规则完成采煤机 CAE 设计知识的集成任务。

## 2.1 采煤机 CAE 设计知识集成规则

根据采煤机结构特点和工业实用性, 笔者将采煤机 CAE 设计本体的集成规则确定为结构-语义-属性-实例 4 层次集成规则。结构、语义和特性集成规则已成熟, 在此不进行详细叙述, 下面将着重介绍实例集成规则。定义  $BR_{CASE(i,j)} = \{MX_i, MX_j, \{LJ\}_i, \{LJ\}_j, \{CS\}_i, \{CS\}_j, QJ_i, QJ_j, BR_{CASE(i,j)}\}$ 。其中:  $MX_i$  和  $MX_j$  为采煤机 CAE 设计本体  $i$  和  $j$  中实例模型;  $\{LJ\}_i$  和  $\{LJ\}_j$  为采煤机 CAE 设计本体  $i$  和  $j$  中实例临界条件集合;  $\{CS\}_i$  和  $\{CS\}_j$  分别为采煤机 CAE 设计本体  $i$  和  $j$  中实例材料属性集合;  $\{QJ\}_i$  和  $\{QJ\}_j$  分别为采煤机 CAE 设计本体  $i$  和  $j$  中实例分析求解方法;  $BR_{CASE(i,j)}$  为采煤机 CAE 设计本体  $i$  和  $j$  的关系公理。实例集成规则如下。

1) 规则 1: 在实例层次上, 如果采煤机本体  $i$  和  $j$  中的实例满足  $i: MX_i \subseteq j: MX_j$  和  $j: MX_j \subseteq i: MX_i$ ,  $i: \{LJ\}_i \subseteq j: \{LJ\}_j$  和  $j: \{LJ\}_j \subseteq i: \{LJ\}_i$ ;  $i: \{CS\}_i \subseteq j: \{CS\}_j$  和  $j: \{CS\}_j \subseteq i: \{CS\}_i$ ;  $i: QJ_i \subseteq j: QJ_j$  和  $j: QJ_j \subseteq i: QJ_i$ , 则实例相同, 反之实例不相关, 集成新实例。

2) 规则 2: 如果采煤机本体  $i$  和  $j$  中的实例满足  $i: MX_i \subseteq j: MX_j$ ,  $j: MX_j \subseteq i: MX_i$ , 如果  $i: \{LJ\}_i \cap j: \{LJ\}_j \neq \emptyset$ ,  $i: \{LJ\}_i \neq j: \{LJ\}_j$ , 则临界条件之间存在交叉关系。

3) 规则 3: 如果采煤机本体  $i$  和  $j$  中的实例满足  $i: MX_i \subseteq j: MX_j$  和  $j: MX_j \subseteq i: MX_i$ ,  $i: \{LJ\}_i \subseteq j: \{LJ\}_j$  和  $j: \{LJ\}_j \subseteq i: \{LJ\}_i$ ,  $i: \{CS\}_i \subseteq j: \{CS\}_j$  和  $j: \{CS\}_j \subseteq i: \{CS\}_i$ , 而  $i: QJ_i \subseteq j: QJ_j$ ,  $j: QJ_j \subseteq i: QJ_i$  不成立, 则需要对求解方法和分析结果进行合并运算。例如本体  $i, j$  分别采用递推和有限差分求解方法, 虽然分析模型、材料属性、临界条件相同, 但分析结果却不同,

因此需要对其方法和结果进行合并运算。

## 2.2 采煤机 CAE 设计知识集成过程

根据上述集成规则,实现从结构-语义-属

性-实例4个层次对采煤机CAE设计知识本体进行集成,采煤机CAE设计本体集成流程如图3所示。

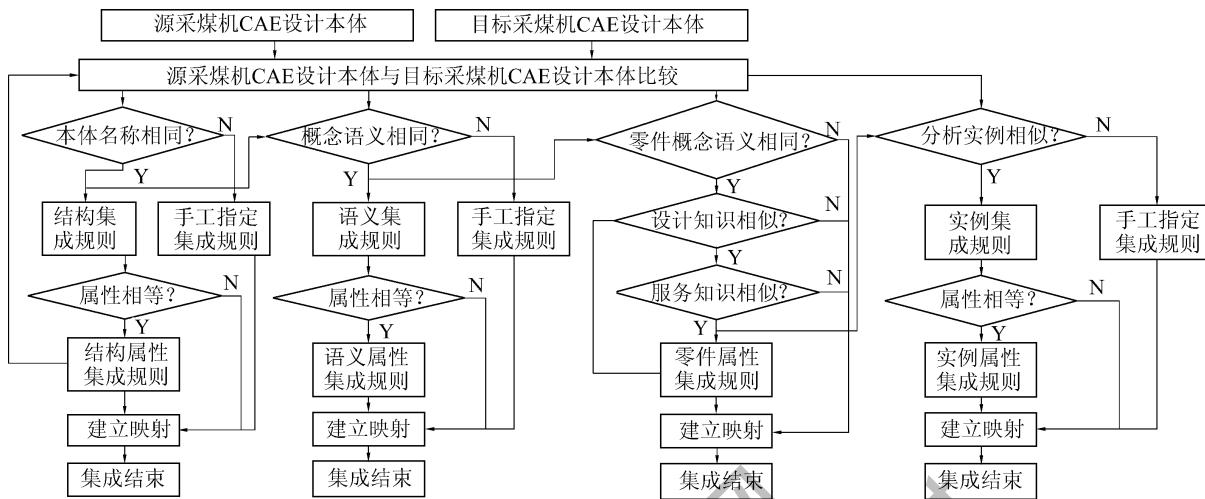


图3 采煤机CAE设计本体集成流程

## 2.3 采煤机CAE设计本体集成推理过程

采煤机CAE设计本体推理过程如图4所示,图

4中 $E$ 为从 $j$ 到 $i$ 通过属性桥规则对应的内涵, $F$ 为从 $j$ 到 $i$ 通过实例桥规则对应的内涵, $k$ 为从 $j$ 到 $i$ 遍历过程中的遍历数。输入为 $j$ 到 $i$ 的概念桥规则 $BR_{ji}^2$ ,故有 $j:j\in i:i$ 牵引部将 $i$ 中的概念“牵引部”对应到 $j$ 中的概念“牵引部”上,输出为真值,结束推理过程。

## 3 采煤机CAE设计本体集成实例及实现

### 3.1 无链牵引采煤机CAE设计本体集成

以无链牵引采煤机为研究对象,2个不同的无链牵引采煤机CAE设计本体如图5所示,从图5可知,无链牵引采煤机CAE设计本体1和本体2表达了不同知识结构。为了使无链牵引采煤机具有相同

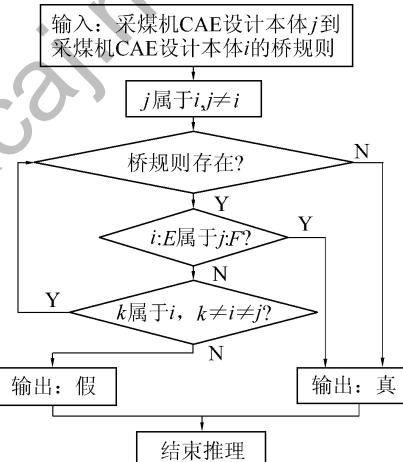
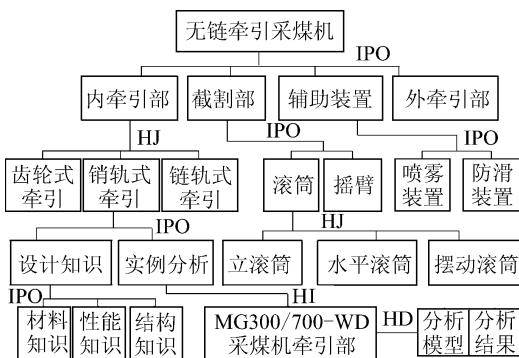
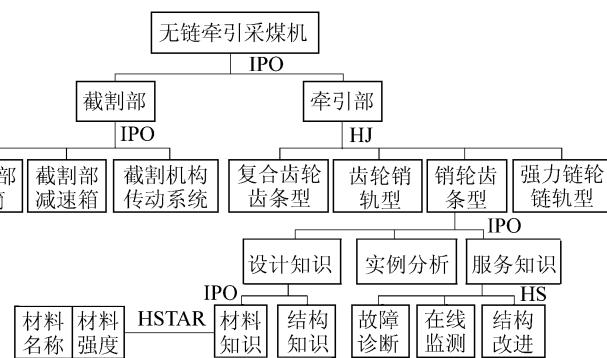


图4 采煤机CAE设计本体推理过程  
的语义表达及规范,提供更完整的无链牵引采煤机  
知识服务,需对这2个本体进行结构-语义-属性



(a) 无链牵引采煤机CAE设计本体1



(b) 无链牵引采煤机CAE设计本体2

IPO表示有一部分,如无链牵引采煤机有一部分是内牵引部;HJ、HI、HS、HD分别表示有结构知识、实例、服务知识、设计知识;HSTAR表示有标准

图5 无链牵引采煤机CAE设计本体

- 实例 4 个层次的集成。实例分析看似属于特性层次，但是各种结构的零部件需要众多实例分析解释。图 5 显示了部分实例分析，若实例多而杂则需要对其进行集成，以便找到合适的实例( 图 6 )。

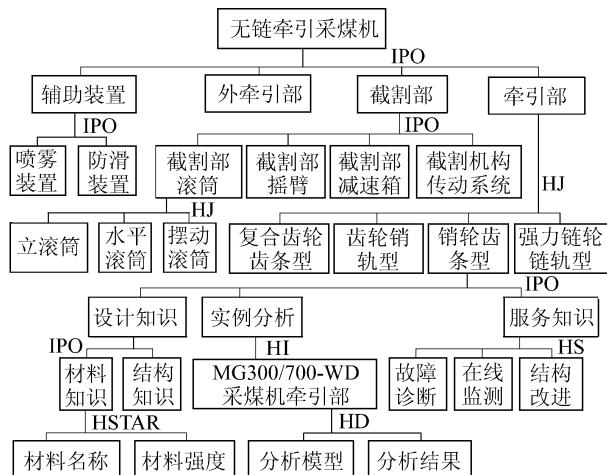


图 6 无链牵引采煤机 CAE 设计本体集成实例

### 3.2 采煤机 CAE 设计本体集成实现

为了给山西省采煤机开发企业,特别是中小企业提供 CAE 共享基础条件支撑,提供科研、设计、制造、设备运行分析手段,提高产品质量和生产效率,联合山西省科技厅,开发了采煤机 CAE 设计本体的集成系统。集成系统选用 Internet Information Server (IIS) 为 Web 服务器,protégé 构架作为采煤机 CAE 设计知识模块化本体编辑器。采煤机 CAE 设计知识模块本体集成系统的摇臂界面和牵引部界面如图 7 所示。目前采煤机 CAE 设计本体的集成系统已在太原矿山机械有限公司运行 1 年多,应用此系统可有效节省开发时间,缩短了采煤机以及零部件的设计开发周期。

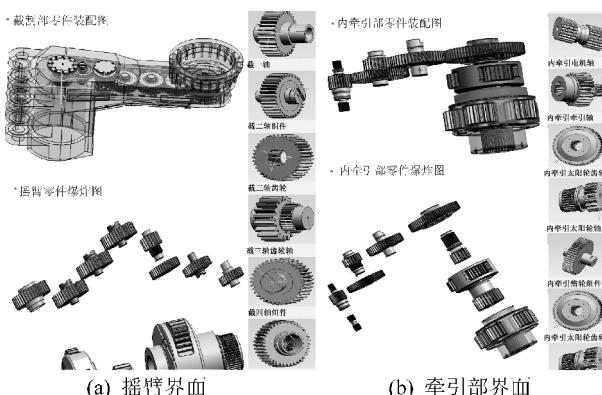


图 7 采煤机 CAE 设计本体集成系统摇臂和牵引部界面

4 结语

1) 分析采煤机及零部件的特点, 提出基于本体

的采煤机 CAE 设计知识表示方法 ,实现了采煤机 CAE 设计知识的数字化表示。

2) 融合实例集成规则, 提出基于结构 - 语义 - 特性 - 实例的采煤机 CAE 设计本体集成方法, 通过无链牵引采煤机集成实例说明集成过程。

3) 基于结构 - 语义 - 特性 - 实例的采煤机 CAE 设计本体集成系统实现了工程应用 , 验证了该方法可行性和有效性 , 为下一步进行其他煤炭机械设备 CAE 设计研究提供了有效途径。

参考文献:

- [1] 史志远,朱真才,韩振铎.矿山机械发展探讨[J].矿冶,2006,15(1):86-89.
  - [2] Hubel H, Colquhoun G J. A Reference Architecture for Engineering Data Control (EDC) in Capital Plant Manufacture [J]. Computers in Industry, 2001, 46(2):149-165.
  - [3] Lu Z J, Leong H Y. Stress Analysis of the Rotatable Arm of a Coal Mining Machine [C]//4th Int ANSYS Conf Exhib Pittsburgh, USA, 1989.
  - [4] 李晓豁,杨丽华.基于PRO/E的连续采煤机滚筒的参数化设计[J].黑龙江科技学院学报,2007,17(6):437-439.
  - [5] 李晓豁,郭继文,邓云等.基于人工鱼群算法的螺旋钻采煤机二次破碎率最低的参数优化设计[J].煤炭学报,2011,36(2):346-350.
  - [6] 丁华,杨兆建,王义亮.基于知识工程的采煤机数字化设计系统研究[J].机械设计,2011(4):15-19.
  - [7] 丁华,杨兆建.采煤机概念设计融合推理模型研究与实践[J].煤炭学报,2010,35(10):1748-1753.
  - [8] 丁华,杨兆建.面向知识工程的采煤机截割部现代设计方法与系统[J].煤炭学报,2012,37(10):1765-1770.
  - [9] 赵丽娟,马永志.基于多体动力学的采煤机截割部可靠性研究[J].煤炭学报,2009,34(9):1271-1275.
  - [10] Giunchiglia F. Contextual Reasoning [C]// Proceedings IJCAI93 Workshop on Using Knowledge in its Context, Chambéry, France, 1993.
  - [11] 蒋运承,史忠植,汤庸等.一种分布式动态描述逻辑[J].计算机研究与发展,2006,43(9):1603-1608.
  - [12] Horrocks I. The FaCT System [C]//Proceedings of TABLEAUX - 98, Oisterwijk, Netherlands, 1998.

(上接第 83 页)

- [10] 李法柱,王根胜,段西亮,等.综采工作面新型超前支架研究与应用[J].山东煤炭科技,2006(3):57-58.
  - [11] 康富军.ZFDC44300/25/42型支架组电液控制系统的设计[J].煤矿机械,2012,33(3):134-137.
  - [12] 马鑫,张东来,秦海亮,等.液压支架电液控制系统的[J].煤矿机械,2007,28(2):1-3.
  - [13] 张海荣,贾国宪,都军.煤矿井下ZT9200/19/35超前支护替棚支架的研制[J].煤矿机械,2010,31(4):123-125.