

基于本体的航空产品钣金件工艺知识获取与表示研究*

Knowledge Acquisition and Representation of Aircraft Sheet Metal Part Based on Ontology

中航工业江西洪都航空工业集团有限责任公司 贡周会 徐 龙 宋利康 付 彬

[摘要] 介绍了航空产品钣金工艺数据库的研究现状及其分类层次,以知识工程的视角分析了钣金工艺知识库的形成及应用过程,进而基于本体技术,对钣金工艺知识领域本体的概念体系及其相互关系进行了研究,形成了基于本体的钣金工艺知识的获取与表示模型。

关键词: 本体 钣金工艺 知识获取(KA) 知识表示(KR)

[ABSTRACT] Research status and classification level on process database of aircraft sheet metal part are presented. Design and application on process knowledge base are analyzed in the knowledge engineering point of view. The conception system and relationship are research on domain ontology of sheet metal part process knowledge. Finally, the knowledge acquisition and representation model are given.

Keywords: Ontology Metal sheet process Knowledge Acquisition(KA) Knowledge representation(KR)

近年来,国内航空制造企业以管理信息系统(Management Information System, MIS)为基础的企业信息化平台建设取得了突破性的进展,通过以业务流程数字化管理为抓手,梳理、优化企业运营模式,提升了企业的核心竞争力;通过部署、整合各类的业务应用信息系统,进而构建了一体化的企业数字化应用服务平台;完成了业务数据的全数字化采集,借助于先进的数据管理技术及管理软件(关系数据库管理系统(Relation Database Management System, RDBMS)乃至数据仓库(Data Warehouse, DW)),形成了较为完备的企业业务数据管理模式,随着企业经营活动的进行,各类业务数据亦随之不断增长,如果能从海量的业务数据中提取有用的信息和知识,以知识作为企业创新的原动力,就能使企业适应易变的客户需求以及市场的快速变化,并在长期激烈的市场竞争中保持持续的优势^[1]。

* 国防基础科研项目(A0520110035)资助。

1 钣金工艺数据库研究现状

中航工业洪都通过国防基础科研课题——钣金数字化制造技术项目的研究,在“十五”期间,开发了飞机钣金件工程设计软件,初步实现了航空产品钣金件工艺设计过程的数字化。通过对钣金件软件平台的整合,搭建了一体化的钣金件工程制造集成平台。

工艺知识在工艺设计中的关键作用已经得到认可,为了最大限度地利用工艺知识,人们通过各种途径获取工艺知识^[2]。“十一五”期间,在对钣金件工程设计平台不断完善的同时,项目研究人员以钣金零件成形工艺种类为分类方法,通过对钣金工艺知识的深入研究,构建了材料性能数据、基础工艺术语、典型工艺规程、钣金成形工艺参数(橡皮囊液压成形工艺数据、型材拉弯工艺数据、喷丸成形工艺数据、蒙皮拉形工艺数据)共4类较为基础的航空产品钣金件工艺数据库,如图1所示。

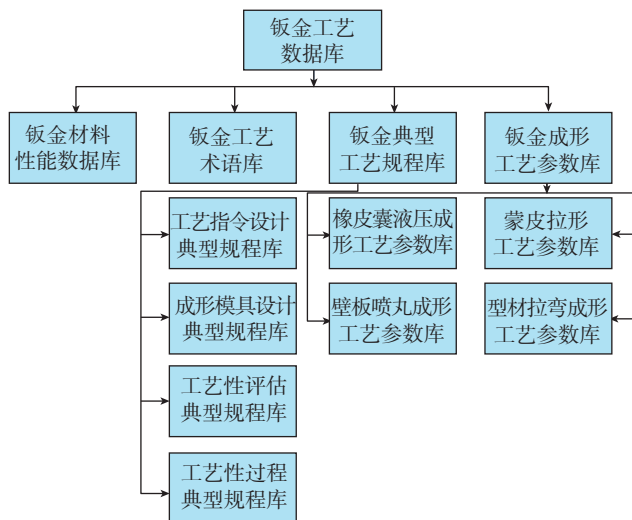


图1 航空产品钣金工艺数据库

Fig.1 Process database of aircraft sheet part

钣金工艺数据库首先解决了数字化钣金工艺设计过程的数据库支持问题,在很大程度上提升了工艺设计的效率和质量,实现了钣金工艺设计能力从无到有的跨越。

本文将借助知识工程的视角,通过基于本体技术,探讨钣金工艺知识的有效获取方法,构造钣金工艺知识

获取模型;通过对钣金工艺知识的内涵解读,形成钣金工艺知识表示模型,建立钣金工艺领域本体概念体系及其相互关系基于本体的实例表示;为实现钣金工艺知识库构建,钣金工艺知识的优化、共享与重用,做好基础技术铺垫。

2 本体技术及其发展

2.1 本体的概念

本体,英文“Ontology”,最早起源于哲学领域,在西方哲学史中,本体是指关于存在及其本质和规律的学说。近年来,在计算机与信息科学领域,关于本体的研究开始兴起,本体是知识工程领域广泛使用的概念,理论上,本体是指一种“形式化”的,对于共享概念体系明确而又详细的说明,本体提供的是一种共享词表,也就是特定领域之中那些存在着的对象类型或概念及其属性和相互关系,或者说,本体就是一种特殊类型的术语集,具有结构化的特点。

2.2 本体在信息技术领域的发展

自 20 世纪 70 年代中期以来,人工智能(Artificial Intelligence, AI)领域的研究人员意识到,知识的获取是构建强大 AI 系统的关键,可以把新的本体创建成计算机模型,从而成就特定类型的自动化推理(Automated Reasoning);20 世纪 80 年代, AI 领域开始采用术语 ontology 来同时指称关于模型化世界的理论以及知识系统的一种组件。借助于来自哲学本体论的灵感,一些研究人员继而把计算机本体论视为一种应用哲学;20 世纪 90 年代初,汤姆·格鲁伯(Tom Gruber)发表了 1 篇后来得到广泛引用的论文《Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing》即“迈向用于知识共享的本体设计原则”。Gruber 采用这条术语来指一种对于某一概念体系(概念表达或概念化过程)的详细说明,本体就是对那些可能相对于某一智能体(Intelligence Agent)或智能群体而存在的概念和关系的一种描述。

2.3 本体的基本构成要素

本体往往等同于那些由各种类、类定义以及归类关系所构成的分类法层次结构,但本体并不一定仅限于此类形式。本体实际上就是对特定领域之中某套概念及其相互关系的形式化表达,本体是人们以自己感兴趣领域的知识为素材,运用信息科学的本体论原理而编写出来的作品。

本体的基本构成要素如下:

个体(实例):基础的或者是“底层的”对象。

类:集合、概念、对象类型或者说是事物的种类,即具有相同或相似性质的对象的抽象。

属性:对象(类)所可能具有的特征、特点和参数等。

关系:类与个体之间的彼此关联可能具有的方式。

函数术语:在声明语句中,可用来代替术语的特定关系所构成的复杂结构。

约束(限制):采取形式化方式所声明的、关于接受某项断言作为输入而必须成立的情况的描述。

规则:用于描述可以依据特定形式的某项断言所能够得出的逻辑推论,IF-THEN(前因-后果)式语句形式的声明。

公理:采取特定逻辑形式的断言(包括规则在内)所共同构成的、在相应应用领域当中所描述的整个理论,这种定义有别于产生式语法和形式逻辑当中所说的“公理”,在这些学科当中,公理之中仅包括那些被断言为先验知识的声明,就这里的用法而言,“公理”之中还包括依据公理型声明所推导得出的理论。

3 钣金工艺知识的获取

3.1 知识获取的一般方式

在信息化技术发展的进程中,知识的获取通常采用 3 种方式:

(1)通过知识工程师的分类、归纳与整理,将专家知识转化为方便计算机处理的结构化模型,这种方式因为人的沟通能力、认知差异导致知识的获取不太理想。

(2)专家通过对计算机获取知识方法的学习,自己将自身知识输入到知识库中,这种方式提高了知识获取的信噪比,但是由于专家们的知识背景、领域经验、思维方式的不同,导致获取的知识多义冗余度高,知识的一致性差。

(3)基于知识共享的获取技术,在前两者的基础上,基于本体的知识建模原则,滤除冗余的领域知识,优化知识的层次结构模型,提高知识的共享程度;通过机器学习,利用数据挖掘技术^[3],可以在目前知识的基础上,产生新的知识,理想状况下,达到知识的自动获取。

3.2 钣金工艺知识获取模型

根据企业当前信息技术的发展实际,对钣金工艺知识的获取采用图 2 所示的模型。

(1)知识的采集范畴。首先确定钣金工艺知识的采集范围,企业钣金工艺知识大致有 4 类来源:钣金工艺专家的经验知识^[4];以航空钣金工艺手册为代表的纸介质知识^[4];企业科研、试验和生产数据;借助 CAPP 在工艺设计全过程产生的电子数据(如 AO/FO, HPG 等)^[5]。

(2)知识的编辑。由钣金工艺专家和知识工程师协同,将这些数据按照钣金工艺数据库管理系统的建模规范、数据分类,数据格式,数据、参数属性等要求进行处理,通过软件工具的编辑功能进行录入,以建立钣金

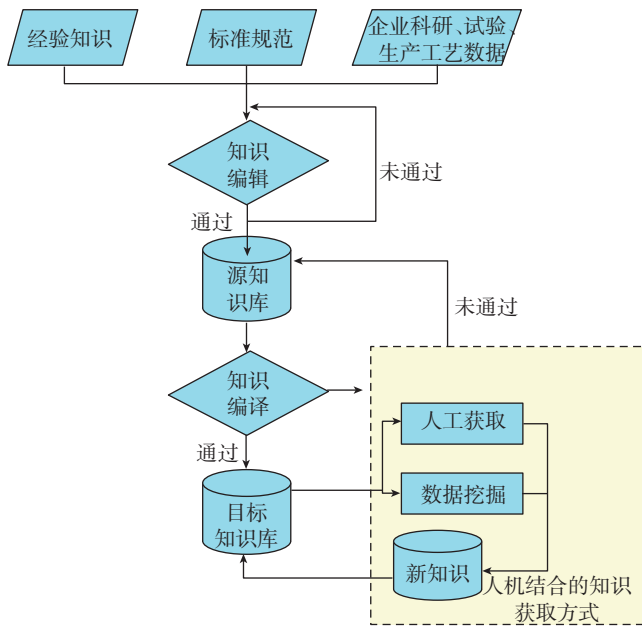


图2 基于本体的钣金工艺知识获取模型

Fig.2 Knowledge acquisition model of sheet metal process based on ontology

工艺源知识库,这种知识表示形式结构明了易懂,称为钣金工艺知识的外部表现形式。

(3)知识的编译。将钣金工艺源知识库的外部表示形式借助数据库技术和数据挖掘技术处理成钣金工艺设计过程可供使用的内部表示形式,这种内部表示形式主要用于今后实现钣金工艺知识库自动化推理,提升知识的搜索性能^[6]。这种内部表示形式的知识库,称为钣金工艺目标知识库。

(4)知识的获取。按照钱学森提出的信息系统发展要“人机结合,以人为主”的指导思想^[7],钣金工艺知识的获取方式采取以人为抽取、编译的人工获取方式和以数据挖掘技术为代表的机器学习方式相结合,充分发挥人的主观能动性和机器强大的处理能力两大优势,最终由人来决定知识的入库。

4 采用本体对钣金工艺知识进行表示的必要性

本体在计算机科学领域,其核心是指一种模型,用于描述由一套对象类型(概念或类)、属性以及关系类型所构成的世界。本体的主要用途是:将错综复杂的、游离的信息片段都按照相互关系和层次关系全部关联为一个整体,形成有用的信息链路和信息网络,由于信息直接彼此关联,不再出现信息链路断点,因此从任何一个信息节点出发,均可遍历其他所有信息节点,这使得知识快速检索、基于知识的智能推理成为可能。因此,采用本体技术对钣金工艺知识进行表示,可为基于知识的钣金工艺智能化设计提供一条有效的途径。

5 钣金工艺知识概念体系及其本体表示

5.1 钣金工艺知识概念体系划归

作为人们认识客观世界的常识,只有掌握了待解问题的基本概念及其相互关系,才能把握住待解实际问题的本质。钣金工艺设计知识库的研究首先要建立钣金工艺知识概念体系——钣金工艺术语及其之间的关系的形式化表达。从领域本体的角度来看,可按通用概念、零件特征、制造工艺和制造资源等为4个大类对钣金工艺术语进行划分,每个大类又分为若干子类:

通用概念包括:钣金工艺,是钣金零件制造过程中使用的基础的、通用的术语集。

钣金零件特征包括:零组件分类、材料品种、材料大类、功能粗类、功能细类、总体形状、结构要素、典型结构、零件重要性、机型。

钣金制造工艺包括:工艺分类、工艺方法、工艺方式、工艺参数、成形系数、成形极限、工艺缺陷、工艺要求。

钣金制造资源包括:机床名称、工装分类、工装名称、工装组成、工种、工艺文件类别、工艺文件名称。

图3为钣金工艺概念体系(即钣金工艺术语集)的层次划分。

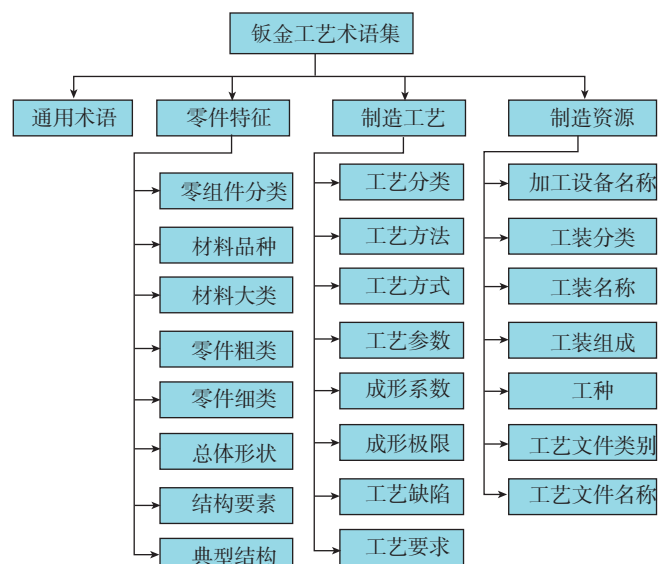


图3 钣金工艺术语集的层次划分

Fig.3 Structure levels of sheet metal term sets

5.2 基于本体的钣金工艺知识表示

钣金工艺知识以服务于钣金零件的制造为首要目标,钣金工艺本体在最简单的情况下,只描述钣金概念的分类层次结构,及概念树;按照企业钣金制造的实际情况,要在概念树的基础上,加入一组合适的关系、公理、规则来表示钣金概念之间的其他关系,以约束概念的内涵解读。因此我们把钣金工艺本体表示为:

O::={C,R,F,A,I},图4为钣金工艺本体的一般表示图式。

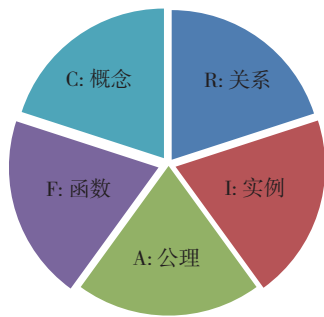


图4 钣金工艺本体的一般表示图式

Fig.4 Chart of process ontology on sheet metal

其中:

C: 概念,通常指按照一定的关系形成的分类层次结构,除此之外,还可包括任务、功能、行为、策略、推理过程等。

R: 关系,表示概念之间的一类关系,如概念之间的 subclass-of (子类)关系、part-of (部分)关系等。

F: 函数,是一种特殊的关系,如函数“零件的重量”由零件的密度和零件的体积唯一确定。

A: 公理,概念或者概念之间的关系所满足的公式,是恒真的,如钣金冲压工艺属于钣金成形工艺的范畴。

I: 实例,某概念类所指的具体实体。

航空产品钣金零件不同于机械加工零件,其特点是品种多、批量小以及零件加工成形方法的多样性,这就决定了钣金工艺知识的复杂性。通过采用本体技术,我们给出了基于知识的钣金工艺本体实例的一个示例,如图5所示。

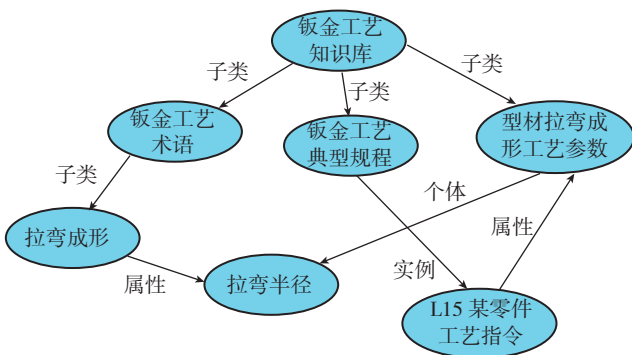


图5 基于知识的钣金工艺本体实例示例

Fig.5 Ontological instance of knowledge based sheet metal process

6 结束语

通过对钣金工艺本体技术的研究,为钣金工艺知识的获取、表示,钣金工艺概念体系及其相互关系模型的建立,为钣金工艺本体模型和钣金工艺知识库模型方案

的设计做好了前期技术储备,为企业工艺知识的共享与重用提供了理论依据,对实现工艺知识的信息化工程应用可起到示范的作用,对企业信息系统平台的建设有一定的借鉴意义。

参考文献

- [1] Schreiber. 知识工程和知识管理. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [2] 施荣明. 知识工程与创新. 北京: 航空工业出版社, 2009.
- [3] 韩家炜. 数据挖掘: 概念与技术. 北京: 机械工业出版社, 2007.
- [4] 周士林. 航空制造工程手册 - 飞机钣金工艺. 北京: 航空工业出版社, 1992.
- [5] 邵新宇. 现代 CAPP 技术与应用. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [6] Pang N T. 数据挖掘导论. 北京: 人民邮电出版社, 2006.
- [7] 高复先. 信息资源规划: 信息化建设基础. 北京: 清华大学出版社, 2002.

(责编 小城)

(上接第 110 页)

下陷深度误差小于 0.018mm; 通过 4 次迭代,使 Z 字型材下陷深度误差小于 0.014mm。

(4)通过 3 个计算实例,即角型材带端头直下陷零件、角型材带弯钩直下陷零件和 Z 字型材直下陷零件,验证了该补偿算法的实用性,并证明了该回弹补偿算法收敛性好、计算精度高及具有较快的收敛速度。

参考文献

- [1] Chu C C. Elastic-plastic springback of sheet metals subjected to complex plane strain bending histories. International Journal of Solids and Structures, 1986,22(10): 1071-1081.
- [2] Karafillis A P, Boyce M C. Tooling design in sheet metal forming using springback calculations. International Journal of Mechanical Sciences.1992,34(2):113-131.
- [3] Karafillis A P, Boyce M C. Tooling design accommodating springback errors. Journal of Materials Processing Technology, 1992, 32(1/2):499-508.
- [4] Guo Y Q, Gati W, Naceur H, et al. An efficient DKT rotation free shell element for springback simulation in sheet metal forming. Computers and Structures, 2002, 80(27/30):2299-2312.
- [5] Naceur H, Guo Y, Benelechi S. Response surface methodology for design of sheet forming parameters to control springback effects. Computers and Structures, 2006, 84(26/27):1651-1663.
- [6] Gan W, Wagoner R H. Die design method for sheet springback. International Journal of Mechanical Sciences, 2004, 46(7):1097-1113.
- [7] Gan W, Wagoner R H, Mao K, et al. Practical methods for the design of sheet formed components. Journal of Engineering Materials and Technology, 2004, 126(4):360-367.

(责编 日午)