

文章编号:1000-6893(2008)04-1068-05

基于过程规范语言的复杂工艺过程模型建立方法

高磊¹, 乔立红²

(1. 中国航空工业规划设计研究院, 北京 100011)

(2. 北京航空航天大学 工业与制造系统工程系, 北京 100083)

Method for Complex Process Modeling Based on Process Specification Language

Gao Lei¹, Qiao Lihong²

(1. China Aeronautical Project and Design Institute, Beijing 100011, China)

(2. Department of Industry and Mechanical Engineering, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

摘要: 使用基于本体论的过程规范语言(PSL)对制造过程信息进行规范,已成为过程信息集成的重要发展趋势。针对零件复杂工艺过程信息中存在的资源多样性、工序次序无关性等特点,讨论了 PSL 理论在工艺过程领域的应用模式,提出了一种采用 PSL 建立复杂多工艺过程模型的模型构建方法和描述方法,并建立了基于 PSL 的工艺过程信息建模平台,同时实现了在计算机辅助工艺设计系统中的初步应用,为进一步探索 PSL 在制造信息系统集成中的应用提供了可参考的经验。

关键词: 过程规范语言;本体论;过程建模;工艺过程信息模型

中图分类号: TH16 **文献标识码:** A

Abstract: An important trend in process information integration is to specify manufacturing process information by adopting ontology-based process specification language (PSL). This article first analyzes features of process information in a complex technical process for part manufacturing, such as multi-resources and orderlessness, and then continues to discuss PSL's application model in the process in accordance with these features. The article proposes a method for complex technical process modeling and description based on PSL, establishes a general platform based on PSL, and makes a primary use in a program, all of these may provide beneficial and referential experience for further exploration on PSL's application in manufacturing information system integration.

Key words: PSL; ontology; process modeling; technical process information model

制造系统的多元化,导致了对信息集成需求的产生,但随着集成技术应用的不断深入,研究人员认识到制造过程信息的集成比单纯的信息集成更重要,更能提高效率,增强企业的竞争能力。为了解决过程信息的集成问题,知识交换格式(Knowledge Interchange Format, KIF)、ALPS 等方法被相继提出^[1]。近些年来,由美国国家标准技术局(NIST)提出的针对制造过程信息集成的过程规范语言(Process Specification Language, PSL),得到了 ISO 和 STEP 的认可,并得到不断的发展与应用验证。目前,已发布了 PSL2.0 版本,并得到了 NIST 主持的 CAMILE 等项目的验证^[2-3]。

PSL 是一种基于本体论的过程定义理论体系,其提出者研究了制造过程、管理过程等大多数领域过程的特点,总结出了普遍适应的框架结构。使用 KIF,以中性文件的形式实现信息集成^[2]。作为制造过程信息重要的组成部分,工艺过程信息的集成问题对于制造执行系统(MES)/计算机辅助设计(CAD)/计算机辅助工艺过程设计(CAPP)/计算机辅助制造(CAM)等领域的应用有重要意义。一个零件的工艺过程,特别是航空航天复杂零件的工艺过程中通常存在诸如一个工序有多台可用的机床设备的资源多选择性情况及多个工序的工序次序无关等情况,对这样的复杂工艺过程信息如何在 CAPP 系统和 MES 系统之间集成,是迫切需要进行研究和开发的问题。本文针对复杂工艺过程信息集成的问题,应用 PSL 理论,提出了一种对工艺过程信息表达,对基于本体的工艺过

收稿日期:2007-06-26; 修订日期:2008-01-10

基金项目:国家“863”计划(2006AA04Z155); 国家科技支撑计划(2006BAF01A43)

通讯作者:高磊 E-mail:stonelsu2004@sina.com

程信息模型建模方法及其应用等问题做了深入研究,并建立了基于 WEB 的工艺过程信息建模平台。

1 PSL 理论框架

PSL 理论框架由 3 个部分组成:核心、理论以及扩展^[3-5]。

PSL 核心是对过程信息内部结构总结得出的公理化的一系列足够描述基本过程的直观的语义单元。PSL 核心包含 4 个原始类,2 个原始函数和 3 个原始关系,足以描述简单的过程信息。4 个类是 Object, Activity, Activity-occurrence 和 Timepoint, 其内容可以规范为某一领域的对象内容。3 个关系是 Participates-in, Before 和 Occurrence-of。2 个函数是 Beiginof 和 Endof。

由于 PSL 核心只描述了表示过程信息的基本共有概念与关系,要使其实用化,必须在 PSL 核心基础上做语义扩展。PSL 理论体系的结构如图 1 所示。

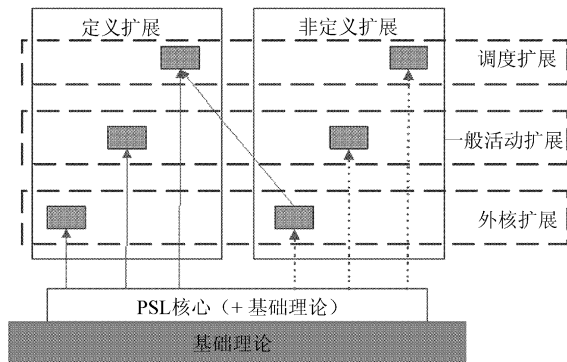


图 1 PSL 理论体系结构示意图
Fig. 1 Diagram of PSL structure

PSL 扩展是为了更完善地表达某领域的过程信息,协助完成过程信息的集成。但针对不同的特定领域需要依据 PSL 理论基础进行扩展的开发^[3-8]。

2 工艺过程信息模型及其 PSL 描述

工艺过程是生产过程中最核心的内容,是指用各种加工工艺方法直接改变材料和毛坯的尺寸、形状及表面状态使之成为产品或者半成品的过程。现在广泛采用工艺规程文档或针对工艺过程信息进行描述的载体是反映的工艺规程使之工程技术人员遵循工艺学的基本原理和方法,结合生产纲领、生产类型和生产条件,制定

某产品或零部件加工内容的有关技术文件,包括零件加工的顺序,所采用的设备、工具、夹具、量具和辅具,以及计划加工时间等内容。工艺过程信息则是指上述各种对象的有序数据表达形式。工艺过程信息包含的主要内容如图 2 所示^[9]。

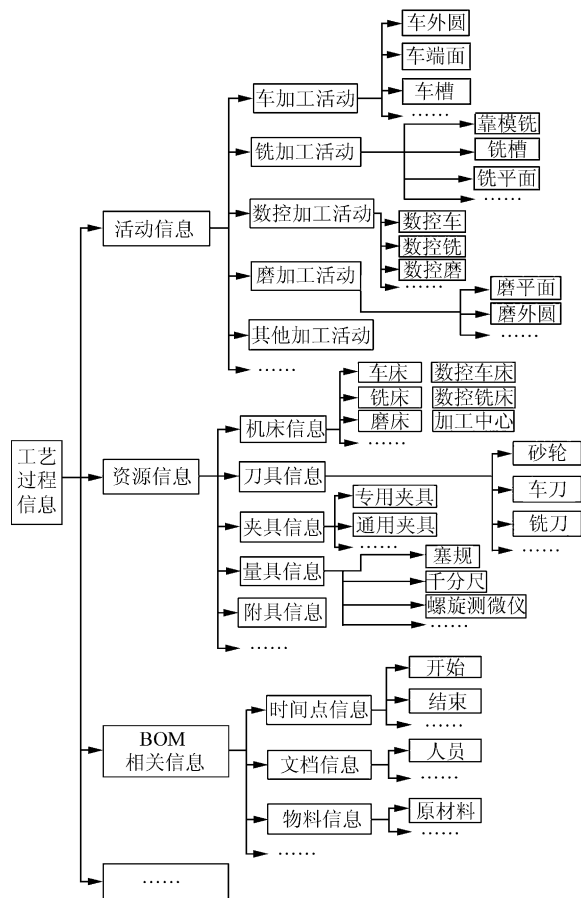


图 2 工艺过程信息的主要内容
Fig. 2 Main components of manufacturing process information

结合图 2 及 PSL 理论框架的结构可见,其适用于表达工艺过程信息的结构,工艺过程信息根据 PSL 结构可按如下 3 个部分进行规范:

(1) 加工工艺活动对应于 PSL 核心中所提到的 Activity 类,如生产加工中的车、铣、刨、磨等,这些加工行为的名称也是工艺过程信息的一阶谓词——最基本的本体术语。工艺过程均是围绕着加工活动展开,符合 PSL 的理论特征。

(2) 资源信息,如工艺活动过程中使用的人力资源、原材料、机床、刀具、夹具,对应于 PSL 四大核心类中的 Object。在现有的各种制造信息系统中,一般将这些信息作为操作对象。

(3) 制造系统中所涉及的各种物料清单(BOM)中包含了工艺规程信息、产品信息, 产品材料信息、装配信息、活动时间信息。上述信息可以来自于不同的制造领域系统, 具有不同的功能定义, 但是 BOM 所涉及和使用到的信息主要涉及到 Object 和 Timepoint 两种核心类。

工艺过程信息的结构与 PSL 的核心结构存在着良好的映射关系, 图 3 为工艺过程信息到 PSL 核心结构的对应图。

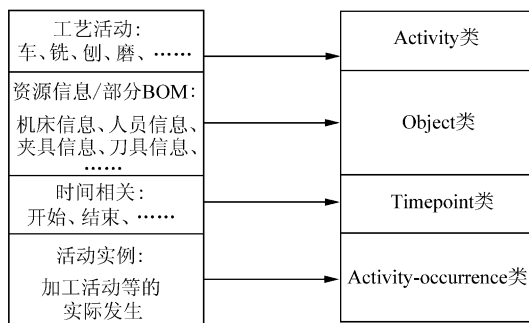


图 3 工艺过程信息解析

Fig. 3 Analysis of manufacturing process information

3 PSL 的工艺过程领域扩展

PSL 项目提出的初衷是为所有领域提供相应的领域过程信息描述规范。目前 PSL 的扩展可以覆盖多数情况下不同领域中过程信息的规范和描述的需要, 但是对于特定领域的某些关系还不具备描述功能。考虑到工艺过程领域的自身特点, 以及 CAPP 系统和 MES 系统集成过程中所遇到的问题, 还需要对 PSL 的扩展进行有针对性的扩充。根据实际工程经验, 将需要进行的扩展开发总结^[10-11]为: ①可替代资源关系表述; ②工序无关性表述; ③可替代工序关系表述; ④物料输入、输出状态关系描述。

本文针对上述扩展开发需求, 定义领域扩展如表 1 所示。

4 基于 PSL 的工艺过程信息建模方法

PSL 理论的基础为本体论, 结合工艺过程领域的特点, 在建立工艺过程信息模型时, 可将其本体信息模型的建立分为两大部分: 一是核心本体及扩展本体的建立, 二是工艺过程信息模型的建立。核心本体及扩展本体为一阶本体, 提供领域内符合 PSL 框架的基本术语集, 工艺过程信息模型术语的二阶本体是基于—阶本体所形成的对工

表 1 领域扩展

Table 1 Domain expand

概念	定义
ORX	工艺工序中有时会出现多工序选择的情况, ORX 的关系定义用于描述合理可行的工序在一个工艺规程中并存的现象, 为现场加工提供可替代工序的选择, 主要是加工方法层面的东西。在要发生分支的工序中在 or 的函数下添加产生的分支工序。
AndX	用于表现在一条工艺路线中可以并行进行的工序。
Join	表现分支工序的合并点。在分支工序中添加合并点工序的识别码, 在合并工序中将次函数的取值设为真。
Replace	表达一个工序中可以使用的—替换现在使用的资源的资源, 是工艺员做出的更多可供现场操作人员使用的资源选择。
Input	对输入物料的具体情况进行描述, 结构化数据以便进行描述和其他系统的读取以及工厂的跟踪。
Output	对输出物料的具体状态进行描述, 结构化数据以便进行描述和其他系统的读取以及工厂的跟踪。
Necessary	用以表述在工艺规程中, 某一工序(活动)是否有必需的先行工序才能进行加工, 如果有则不可视为不相关工序, 不能调整该工序活动的顺序, 即不能随便改变该工序前导工序的内容; 反之亦然。

艺过程的规范表达。建立工艺过程本体信息模型的层次结构如图 4 所示。

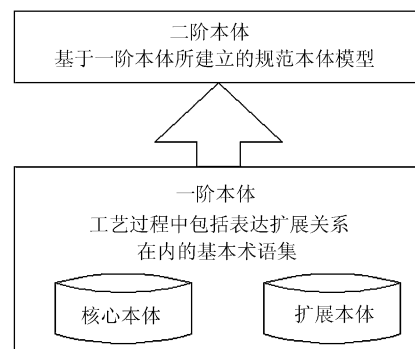


图 4 工艺过程本体信息模型的层次结构

Fig. 4 Configuration of manufacturing process information model

基于 PSL 本体论方法建立工艺过程信息模型的过程遵循了本体信息建模方法论, 该方法论参考了 Uschold 的“骨架”法^[4], 通过对本体模型构建的方法进行总结归纳而形成的, 包括以下 5 点:

(1) 确定使用工艺过程信息所要达到的目标和使用范围, 工艺过程信息本体属于领域本体, 即领域知识本体, 所建立本体应该提供领域内的术语定义集。

(2) 分析工艺过程领域, 搜集加工工艺过程

的相关知识(本体的建立),包括加工工艺设计过程所使用到的所有术语、术语的定义以及这些概念定义之间的关系。根据 PSL 本体论中的相关理论框架,确定本体术语库中应该包含的核心术语和扩展术语,从而进一步得到二阶本体模型。

(3) 对本体进行形式化的表达。

(4) 评价所构建的本体模型,评价的标准包括本体的清晰性、一致性、完善性和可扩展性。清晰性就是本体中的术语应该是没有二义性的;一致性是指术语在关系逻辑上一致;完整性是指本体中的概念及关系应该是完整的,要包含领域中所有的概念;可扩展性是指本体应用能够扩展,在该领域不断发展时能加入新的概念及定义。

(5) 检验、完善所构建的工艺过程领域本体。本文所构建的工艺过程本体将分别在笔者所在课题组开发的集成工艺设计与管理(IPPM)及 IPPM 系统与 MES 系统的集成中进行检验。同时,随着领域技术的发展,还将不断改进本体模型。

在该建模方法中,前 3 部分是针对工艺过程领域的本体构建工作过程,后 2 部分为对本体实际模型的检验和保证。工艺过程本体信息建模方法的体系结构如图 5 所示。

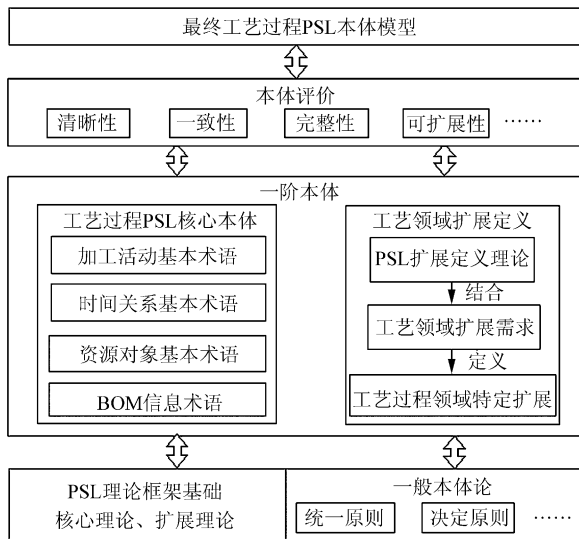


图 5 工艺过程本体信息建模方法论

Fig. 5 Methodology of process ontology modeling

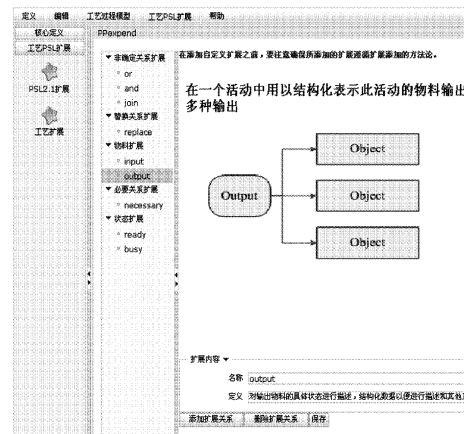
5 基于 PSL 的工艺过程信息建模平台

为了更好地符合 PSL 结构建立工艺过程信息模型,本文使用中间件系统 Dorado 开发了一个基于 WEB 的工艺过程信息建模系统,提供了从本体信息模型到相应描述语言的转化功能。图

6(a)和图 6(b)分别为核心本体建模和扩展本体建模界面示意图。



(a) 核心本体建模模块



(b) 扩展本体建模模块

图 6 工艺过程信息建模平台示意图

Fig. 6 Module of the modeling system

核心建模模块分别提供了对 4 种核心类术语进行定义、编辑和查找的功能。扩展定义模块提供了对扩展分类,定义扩展关系本体的功能。

同时该平台提供了将一阶、二阶本体模型转化为 PSL 目前所规划的扩展标记语言(eXtensible Markup Language, XML)表述形式的功能^[11-14]。图 7 为一转换后的过程模型的 XML 描述示例。

为了初步检验 PSL 建模方法及所得结果的正确性,在某一产品数据管理(Product Data Management, PDM)系统中进行了 PSL 建模应用的研究。实现了复杂工艺过程描述的功能,并解决了 PDM 系统与 MES 系统多工艺路线描述集成的问题,图 8 为对多工艺路线的扩展定义应用示例。


```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!-- 编辑使用 XMLSpy v2006 W (http://www.altova.com) 由 any (ar
<processmodel>
  <activities id="a1" name="加工轮轴">
    <junction type="or">
      <activity id="a2" name="车外圆"/>
      <activity id="a3" name="半精车外圆"/>
    </junction type="or">
      <activity id="a4" name="精车外圆"/>
      <activity id="a5" name="磨外圆"/>
    </junction>
    <activity id="a6" name="磨外圆"/>
  </junction>
  <activity id="a7" name="去毛刺"/>
</activities>
</processmodel>

```

图 7 过程模型的 XML 描述示例
Fig. 7 Process model described in XML

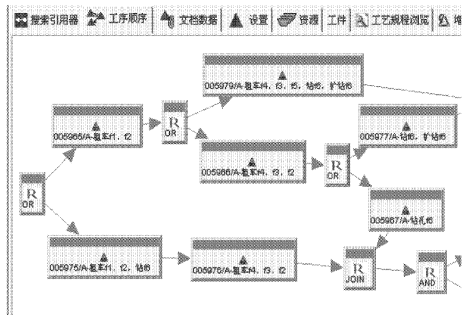


图 8 多工艺路线的扩展定义
Fig. 8 Expansion definition about multi-process

6 结 论

工艺过程信息的组织结构具有完整、清晰的特点,同时其在制造过程中的应用有着极其重要的作用。找到一种合适的规范和表达语言,对工艺过程信息进行说明,对于制造过程的集成有着极其重要的作用。

来源于制造过程 PSL 的理论结构与工艺过程信息的表达需求有着很好的契合点。使用 PSL 规范工艺过程信息模型的建立,可有效增强复杂工艺过程信息的表达性和集成性。

参 考 文 献

[1] Knutilla A, Schlenoff C, Ray S, et al. Process specification language: an analysis of existing representations[R]. NISTIR 6160,1998.

[2] Schlenoff C, Gruninger M, Tissot F, et al. The process specification language (PSL) overview and version 1.0 specification[R]. NISTIR 6459,1999.

[3] 姜义,潘燕华,葛世伦,等. PSL 空间关系扩展及其在企业建模中的应用[J]. 计算机应用研究, 2005, 22(11): 146-148.

Jiang Yi, Pan Yanhua, Ge Shilun, et al. PSL used in space expansion and enterprise modeling[J]. Application Research of Computers, 2005, 22(11):146-148. (in Chinese)

[4] Uschold M, Gruninger M. Ontologies: principles, methods and applications[J]. Knowledge Engineering Review, 1996, 11(2):93-155.

[5] Lubell J, Schlenoff C. Process specification language: an analysis of existing representations[R]. NISTIR 6133, 1998.

[6] Fikes R, Cutkosky M, Gruber T, et al. Knowledge sharing technology project overview[R]. Technical Report KSL-91-71, 1991.

[7] 贾晓亮. 制造企业工艺信息集成平台开发与关键技术研究[D]. 西安:西北工业大学机电学院,2004.

Jia Xiaoliang. Research on the development and key techniques of process planning information integrated platform for manufacturing enterprises [D]. Xi'an, School of Mechatronics, Northwestern Polytechnical University, 2004. (in Chinese)

[8] 倪益华. 基于本体的制造企业知识集成技术的研究[D]. 浙江:浙江大学机械与能源工程学院,2005.

Ni Yihua. The research of knowledge integration technology based on ontology for manufacturing enterprise[D]. Zhejiang: College of Mechanical and Energy Engineering, Zhejiang University, 2005. (in Chinese)

[9] 王巍巍. 基于 PSL 的面向对象的过程模型的研究与实现[D]. 北京:北京航空航天大学机械工程及自动化学院, 2003.

Wang Weiwei. Research on object oriented modeling based on PSL[D]. Beijing: School of Mechanical Engineering and Automation, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2003. (in Chinese)

[10] 王巍巍,杨建军. 用于制造系统过程集成的一种规范语言[J]. 航空制造技术, 2002(7): 63-65.

Wang Weiwei, Yang Jianjun. A specification language used in manufacturing information system integration[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2002(7): 63-65. (in Chinese)

[11] ISO 10303-11; 2004. Descriptions methods: the express language reference manual[S]. ANSI, 2004.

[12] 廖庆妙,杨建军. 基于 XML 的制造过程信息集成研究[J]. 航空制造技术, 2003(4): 50-52.

Liao Qingmiao, Yang Jianjun. Research on manufacturing process information integration based on XML[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2003(4): 50-52. (in Chinese)

[13] Lubell J. Professional XML metadata, chapter 14: process descriptions[M]. Birmingham, UK: Wrox Press, 2001.

[14] Bock C, Gruninger M. Inputs and outputs in the process specification language[R]. NISTIR 7152, 2004.

(责任编辑:蔡斐,杨冬)