

面向三维重建的工艺语言理解及工艺语义模型构建

Semantics Understanding and Construction of Process Semantic Model for 3D Reconstruction

西北工业大学现代设计与集成制造技术教育部重点实验室 黄瑞 张树生 石云飞 陶俊

[摘要] 从动态工艺设计过程的视角考察工艺设计意图和二维工序图形的进化进程,以电子工艺卡片为输入对象,将自然语言理解技术和图形理解技术相融合,用具有工艺语义的工序语言指导二维工序图形的三维重建,实现对制造毛坯三维形态演变过程的智能推理,重建出基于特征的零件模型及中间工序模型。研究了工艺语义的定义与表示、机械加工领域概念知识库的构建及基于自动分词的工艺语义提取算法。

关键词: 三维重建 工艺语义 工序模型

[ABSTRACT] The process planning intention and the evolution of 2D-procedure drawing are inspected from the point of dynamic process design. The natural language understanding technology and the graphic understanding technology are combined by using the electronic process sheets as the input objects. The procedure language with process semantic is used to guide the 3D reconstruction from 2D procedure graph, and the intelligent inference of the 3D model evolution process of roughcast is realized and the part model and the middle procedure model based on features are reconstructed. The definition and expression of process semantic, the construction of concept knowledge base in machining field and the extraction algorithm of process semantic based on automatic segmentation are researched.

Keywords: 3D model reconstruction Process semantic Working procedure model

近年来,在数字化、智能化和网络化技术的支持下,国际上 CAPP 技术及应用呈现出基于三维模型的工艺设计、工艺仿真与优化及可视化装配等发展趋势^[1]。目前的 CAPP 系统仍是基于二维 CAD 展开的,与基于三维 CAD 技术的发展和应用相比,存在明显的滞后性和不相适应性,可视化程度较低,难以支持更高层次的应用。基于三维产品模型的 CAPP 成为目前 CAPP 技术发展的前沿,在这一背景下,企业对多信息三维工序模型的快速生成有着迫切的需求。工程图三维重建技术发展至今,尽管国内外研究者提出了许多有价值的算法,但其突破性、实用性进展不大,大多数的研究成果尚

停留在实验室阶段,距离实用阶段还比较遥远,因此探索新的三维重建方法与策略显得十分重要。

考虑到目前国内企业积淀了大量的电子工艺卡片,本文提出了在工艺过程和工艺信息驱动下的零件毛坯动态演变的序列三维模型重建技术研究,将语言理解技术和图形理解技术相融合,为工程图的三维模型重建提供新的有效解决途径和方法。由文字理解得到三维重建时所需的定形尺寸及部分定位尺寸,由图纸理解得到部分必要的定位尺寸。图文结合,共同得到工艺信息驱动下的三维工序模型重建所需的所有信息。

1 研究价值

自然语言处理包括自然语言理解(Natural Language Understanding, NLU)和自然语言生成(Natural Language Generation, NLG)两部分,是研究如何利用计算机来理解和生成自然语言的理论和方法^[2]。自然语言理解是指计算机对自然语言内容和意图的深层把握,即要让计算机“理解”自然语言。使计算机能够像人脑一样读懂、理解、分析、推理和应答自然语言。自然语言生成是指从非自然语言输入到自然语言输出的处理,与自然语言理解互为逆过程。而工艺语言理解是受限于机械加工领域的自然语言理解。

工艺知识目前存在的形式有结构化知识、文本文件、图片、XML 文件等,具有广泛、复杂、多样的特点。鉴于工艺知识有如此众多的特性,本文采用 XML 文件作为载体描述机械加工领域知识。XML(Extensible Markup Language)是一套定义语义标记的规则,这些标记将文档分成许多部件并对各部件加以标识;也是元标记语言,即定义了用于定义其他与特定领域有关的、语义的、结构化的标记语言的句法语言。本文将自然语言理解与 XML 语言相结合应用于机械加工领域进行三维重建是较新的探索。

2 工艺语义模型构建及工艺语义提取方案

2.1 工艺语义的定义

语义是指人们在运用语言时所表达的意义,它是在特定场合和交际环境中人们在使用语言交流思想,传递信息时双方所共同理解的意义。而工艺语义是工艺设

计意图的本质抽象,将语言语义限制在加工中与工艺相关的语义范围内,即工艺语句所表达的意义。

2.2 工艺语义模型

总结大量工艺卡片,深入研究工艺语言的特点,提出基于工艺五元组的工艺语义模型: $P=(M, F, O, Q, T)$, 其中: P 为工艺 (process) 语义; M 为加工方法 (method) 语义; F 为加工特征 (Feature) 语义; O 为加工部位 (Orientation) 语义; Q 为加工数量 (Quantity) 语义; T 为加工影响 (Tail) 语义。

从内容表达上看,零件的加工是由工步实现的。

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(术语)、并从不同层次的形式化模式上给出这些词汇之间相互关系的明确定义。

机械加工工艺知识建立的目的就是利用 XML 表示的知识层次性、先进性对机械加工工艺知识领域进行描述,更加精确地表达出工艺知识,让抽象的工艺信息变成机器可理解、可重用的编码知识,为有效实现工艺语言的智能理解和工艺语义提取提供基础。

据工艺语义模型建立工艺概念知识树,如图 1 所示。

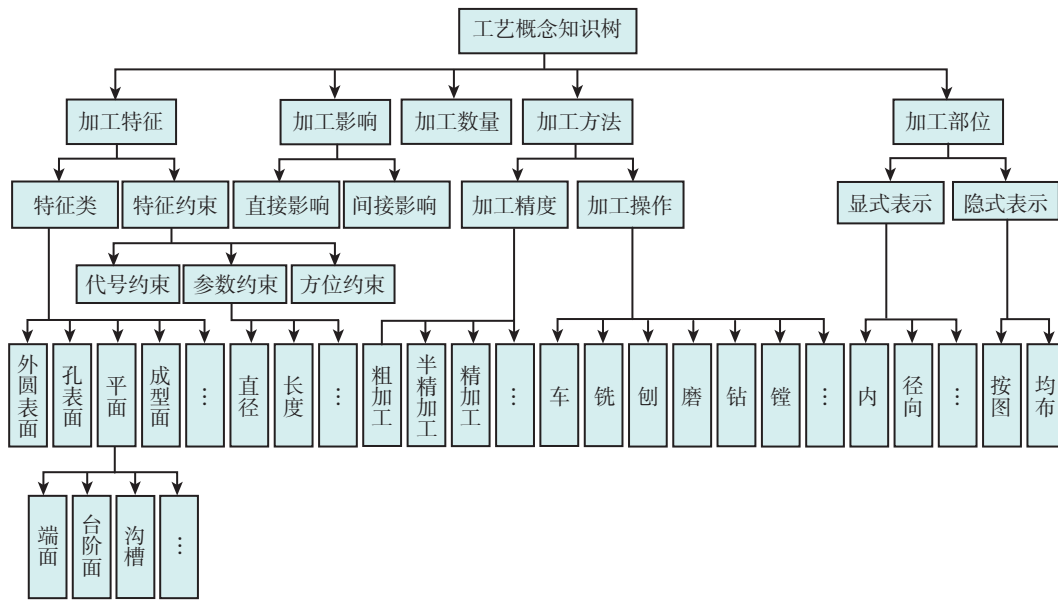


图1 工艺概念知识树

Fig.1 Knowledge tree of process concept

每一工艺语句,均描述了在何处 (Where)、用何种方法 (How)、加工多少个 (How many)、何种对象 (Who),并对工件或其它对象产生何种影响 (What)。换句话说,工步语句包含了加工部位、加工方法、加工数量、加工特征以及加工后对工件上相关特征的影响(其实还是加工尺寸,只不过是加工尺寸的隐性表示)。有时候加工方法和加工特征并不是只有一种,即出现上面所述的组合或衍生。这时候就需要对工艺语句的语义按照加工特征或加工方法分别进行提取。

2.3 机械加工领域知识库建立

机械加工零件的种类和复杂程度千差万别,其加工工艺描述也各不相同。一方面,工艺知识的描述具有很大的人为性、灵活性、多态性和模糊性,为了有效实现工艺语言的机器理解和工艺语义的提取,需要将众多复杂甚至不太严格的信息形成严谨的、形式化的且适合计算机识别和处理的知识加以描述和表示;另一方面,以捕

2.4 基于自动分词的工艺语义提取算法

中文自动分词是自然语言理解、机器翻译、词频统计过程以及电子词典等信息处理中最基本的工作。自动分词系统需要自动识别词边界,将汉字串切分为正确的词串,这是实现中文信息处理各项任务的首要问题,也是汉语分词系统的主要任务。利用机械加工领域工艺概念知识库,本文提出基于自动分词的“断章取义”算法:

(1) “断章”。

由工艺语义五元组构建工艺语义模型,在自动分词的基础上将工艺语句划分成几个不同的块,根据关键字对工艺语句“断章”: {块 1 块 2} “关键字 1” {块 3} “关键字 2” {块 4} “关键字 3” {块 5} “关键字 4” {块 6}。

一般情况下:

·{块 1}、{块 4}、{块 5} 一般表示某对象的参考方位,如“... 的左端、在 (从)... 上”等;

· {块 2} 包含本工步的加工对象和加工方法, 以及对对象的一些尺寸约束;

· {块 6} 通常不涉及对象, 仅包含一些尺寸, 表示 {块 4}、{块 5} 之间的联系。如“... 长度 150”等;

当然并不是所有工艺语句都包含以上所有块, 这样划分是为了不失一般性。

(2) “取义”。

该过程对“断章”后的每一“块”提取语义。将每一块细化为:

[加工方法][数量][对象][属性: 值][方位]

然后提取语句中的对应语义。

其工艺语义提取流程如图 2 所示, 首先对工艺语句进行自动分词, 其后存入数据库 MySQL 表的 Data 中, 然后运用工艺语义提取算法对分词后的工艺语句进行理解, 将结果存入表 Output Data 与表 Output Info 中, 其中表 Output Info 是对表 Output Data 里对应项的解释。从表 Output Data 与表 Output Info 中获得由文字理解得到的特征链表, 完成对工艺语句的理解。

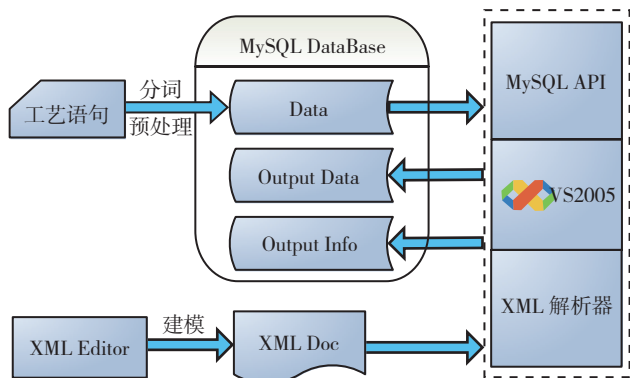


图2 工艺语义提取流程
Fig.2 Extraction flow of process semantic

以轴类零件^[3]为例, 验证算法的可行性。本文约定的加工方法号对应如下: 车 1, 铣 2, 刨 3, 磨 4, 钻 5, 镗 6, 扩 7, 铰 8。轴类零件的特征可分为主特征和辅特征, 且每个特征都有相应的数据结构, 应包括加工方法号、加工特征号、定形尺寸、定位尺寸及相应的成员函数, 其特征如图 3 所示:

例如: 粗车 $\phi 71.5$ 外圆, 保证 $\phi 91.5$, 长 14;

工艺语义模型: <加工方法语义><加工特征语义><加工影响语义>

<加工特征语义>

其中“保证”为关键字。检索匹配到“粗”“车”“外圆”时, “粗”是加工方法的加工精度, “车”为加工方法, “外圆”为加工特征, “ $\phi 71.5$ ”为外圆的属性。检索匹配到“保证”时, 将已得到的工艺信息存入数据库。检索匹配

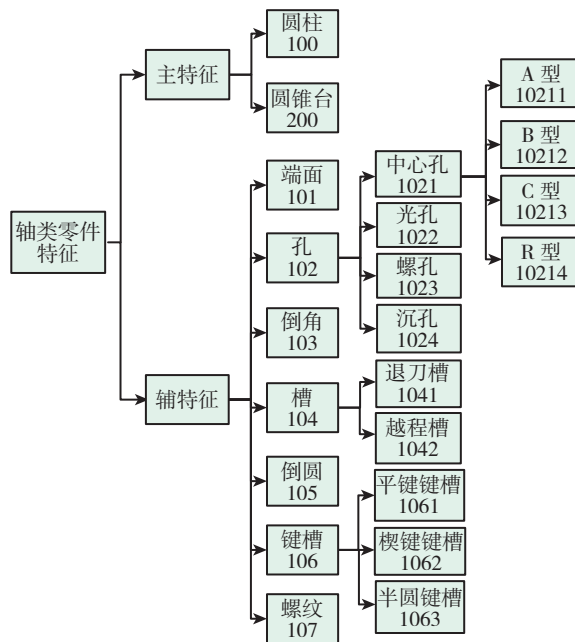


图3 轴类零件特征
Fig.3 Feature of shaft parts

到“ $\phi 91.5$, 长 14”时, 虽然没有直接给出加工特征, 但可以根据“ ϕ ”来推理得到加工特征为“外圆”, “91.5”、长“14”为外圆的属性: 直径、轴段长, 当出现一句话结束标志时, 将得到的语义信息再存入数据库。从数据库获得该文字理解的特征链表如图 4 所示:

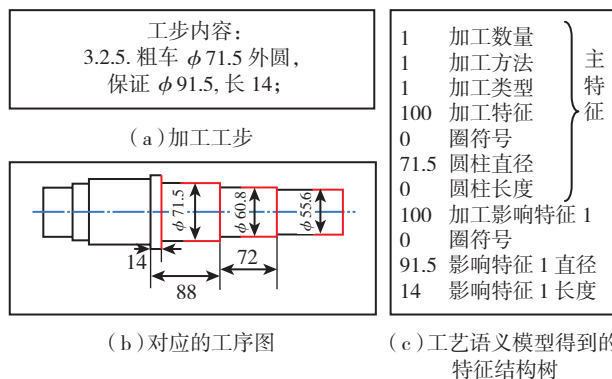


图4 工艺语义特征结构树
Fig.4 Feature structure tree of process semantic

完整的三维造型特征结构树特征链表中的每个节点应包括加工号、特征 ID 号、加工对象特征号、基点坐标、方向矢量、加工对象的属性。从文字理解模块中获得的特征结构树对于三维重建信息并不全, 需进行图形理解得到全信息, 从而得到完整的特征结构树。经图形理解后, 工步 3.2.5 的完整特征结构树如图 5 所示, 工步模型如图 6 所示。

(下转第 95 页)