

基于本体论的建筑工程成本预算规范表达

魏振华 马智亮

(清华大学土木工程系, 北京 100084)

【摘要】当前的成本预算软件对成本预算规范的支持,仍然需要依赖预算人员来实现相应的功能,对不同规范的支持也不够灵活。本体论可以用来对成本预算规范的知识 and 规则进行形式化表达,并支持进行灵活的扩展。本文通过对典型的成本预算规范的分析,实现了基于本体论的建筑工程成本预算规范表达,建立了一个基于本体论的建筑工程成本预算数据表达和利用框架,并阐述了该框架的适用性。该表达和框架为实现建筑工程自动成本预算奠定了基础。

【关键词】本体论; 建筑工程; 成本预算; 成本预算规范

【中图分类号】TU723.3 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1674-7461(2013)04-0001-06

1 概述

建筑工程成本是各参与方最为关注的方面之一,进行高效准确的成本预算是控制建筑工程投资、提高建筑企业效益的有效途径。在实际工作中,成本预算需要严格地依据相关的成本预算(清单或定额)规范,进行工程量清单项目或定额子目划分、工程量计算、计价等工作^[1]。换言之,成本预算规范是成本预算工作的基础和依据。

随着信息技术的发展,在我国已经有许多成本预算软件被开发并得到实际应用,例如广联达、鲁班系列软件等,很大程度上提高了预算人员的工作效率。同时,近年来 BIM(建筑信息模型)技术的发展,为有效地减少人工识读二维图纸或者重新建立三维模型的工作量提供了可能性^[2]。国外也已经出现了一些基于 BIM 的成本概预算软件,例如 Innovaya, Vico Estimator 等。然而,预算人员在使用这些软件时,尽管软件本身提供了很多方便的操作和功能,但在多数情况下仍然需要他们凭借自己掌握的专业知识,依据相应的成本预算规范进行成本预算工作。在这个过程中,不仅存在着较大的工作量,

而且容易出现错漏现象^[1]。即使通过软件开发减轻这样的工作量,针对不同地区的成本预算规范,往往需要开发专门的模块甚至软件,从而导致软件自身的可扩展性较差的问题。

本体论可以用来对特定领域的知识(包括概念和关系)和规则进行形式化表达,从而支持让计算机像人类一样掌握该领域的知识,基于该领域的规则进行推理^[3]。对于成本预算领域而言,成本预算规范是对其知识和规则最全面和精炼的概括。如果基于本体论对成本预算规范进行形式化表达并利用其对推理的支持,则可以为实现建筑工程自动成本预算奠定基础。同时,本体论还支持从成本预算的角度而非从软件实现的角度,扩展或修改相应的知识和规则,从而可以增强软件针对不同的规范的可扩展性。

本文的目的是,基于本体论对建筑工程成本预算规范的知识 and 规则进行表达,为实现建筑工程自动成本预算奠定基础。本文首先对典型的成本预算规范进行分析,之后基于本体论实现对该规范的知识 and 规则的表达,最后以该表达为基础建立一个基于本体论的建筑工程成本预算数据表达和利用框架,并阐述该框架的适用性。

【基金项目】“十一五”国家科技支撑课题“基于 BIM 技术的下一代建筑工程应用软件研究”(2007BAF23B02),国家自然科学基金项目“基于设计结果 BIM 数据的建筑工程自动成本预算方法研究”(51278279)。

【作者简介】魏振华(1986-),男,博士研究生。主要研究方向:建筑工程成本预算、BIM 技术。

2 成本预算规范的知识 and 规则

近年来,工程量清单计价法逐渐取代定额计价法,已经成为我国建筑工程成本预算的主流计价方法。我国针对该方法,于2003年和2008年先后颁布了两版《建设工程工程量清单计价规范》国家标准^[4]。本节以2008年版的该规范(以下简称国标清单规范)作为典型成本预算规范,并以其建筑工程部分为例,分别对其中的概念、规则和关系进行分析。

2.1 国标清单规范中的概念

国标清单规范从可计量和计价的角度对建筑工程进行了分部分项划分,涵盖了工程量清单计价工作的所有基本概念。本研究从其建筑工程部分提取和归纳了建筑产品、产品特征和清单项目三大类共500多个基本概念。其中,“建筑产品”是建筑工程的基本信息载体,涵盖了建筑工程中所有永久性的和临时性的建筑产品,例如土方、墙、梁、板、柱等概念及其细化概念,例如圈梁、填充墙等;“产品特征”包括材料、几何和施工特征,其中材料特征用来表达生产建筑产品所使用的材料,几何特征用来表达建筑产品的截面、轮廓等外观特征,施工特征用来表达生产建筑产品所使用的施工方法、工艺等;“清单项目”则代表国标清单规范中所有清单项目,其中每一条清单项目代表了一类具有相同特征的建筑产品。

2.2 国标清单规范中的规则

2.2.1 分类编码规则

国标清单规范的建筑工程部分共定义了178条清单项目^[4]。其中,每一条清单项目均可以抽象为一条“分类编码规则”,决定了该清单项目所对应的建筑产品的特征。这些分类编码规则是预算人员依据设计信息进行工程量清单项目划分的依据。分类编码规则实际上是一种霍恩规则^[5],即通过条件推理得到唯一的结果。例如,针对“010402001 矩形柱”清单项目的分类编码规则是:如果某些柱具有“现浇混凝土”材料特征和“矩形截面”几何特征这两个条件,那么就可以推理得到这些柱子被分类到该条清单项目的结果。

2.2.2 工程量计算规则

国标清单规范针对每一条清单项目均定义了相应的工程量计算规则^[4],包括计量单位和扣减规

则两个方面。通过归纳发现,扣减规则也属于霍恩规则,它规定了当清单项目对应的建筑产品存在如下三种关系(条件)时,应该采取何种计算方法来计算工程量(结果)。

(1) 开洞关系

如果建筑产品的洞口尺寸大于某值(例如 0.3m^2),则洞口的工程量应从建筑产品的工程量中扣除。

(2) 附属关系

建筑产品的附属产品,例如牛腿、柱帽、梁垫等,其工程量应合并计入建筑产品的工程量中。

(3) 相交关系

建筑产品相交部分的工程量应从且仅从某一个建筑产品的工程量中扣除,例如,规范规定梁柱相交部分计入柱的体积。本文针对相交关系定义了清单项目的工程量计算“相对优先度”,相交部分的工程量应从相对优先度低的清单项目所分类的建筑产品中扣除。例如,“010402001 矩形柱”的优先度低于“010405001 有梁板”。

2.3 国标清单规范中的关系

国标清单规范中的关系可以归纳为两类:一是建筑工程中客观存在的逻辑关系,例如建筑产品有很多细化类型(例如墙分为填充墙、剪力墙等),而建筑产品必然有材料、几何和施工等特征;二是规则所带来的关系,例如分类编码规则所带来的清单项目与建筑产品之间的分类关系。本文总结了国标清单规范中所涉及到的6种主要关系,如表1所示。

表1 国标清单规范中的主要关系

序号	关系	关系举例
1	细化	墙与填充墙、梁与圈梁等之间的细化关系
2	特征	建筑产品与材料、几何、施工等产品特征之间的特征关系
3	空间	建筑产品之间的开洞、附属、相交等空间关系
4	分类	清单项目与建筑产品之间的分类关系
5	优先度	清单项目之间的工程量计算“相对优先度”关系
6	运算	计算工程量时对应于扣减规则的扣减、合并等运算关系

3 基于本体论的成本预算规范表达

基于本体论的成本预算规范表达包括知识表

达和规则表达两个方面。对于知识表达,需要选取合适的本体描述语言。本文选取了 W3C 推荐使用的 OWL 语言。OWL 相比 XML、RDF 和 RDF/S 等本体描述语言具有更强的知识表达能力,还提供了对于推理的支持^[6]。对于规则表达,由于霍恩规则不能直接用 OWL 来表达,因此本文选取了 W3C 推荐使用的 SWRL 语言。SWRL 是在 OWL 等语言的基础上发展起来的,可以将用其表达的霍恩规则与用 OWL 表达的知识结合起来进行推理^[7]。

3.1 基于 OWL 的国标清单规范知识表达

3.1.1 基于 OWL 的国标清单规范概念表达

OWL 对概念的表达是通过定义类(class)来实现的,即对每个概念均定义一个类,对每个类又可以定义个体(individual)用于表达具体数据。此外,还通过 rdfs:subClassOf 来表达类的继承关系^[6]。本文针对国标清单规范中的三大类概念,分别定义了相应的基类,即,建筑产品类 ConstructionProduct、产品特征类 Feature 和清单项目类 CostItem。对于其具体概念,通过定义子类来表达,例如定义了 Feature 的三个子类:材料特征类 MaterialType、几何特征类 GeometryFeature 和施工特征类 ConstructInfo。同时,针对 CostItem 定义了 178 个个体来表达国标清单规范建筑工程部分的 178 条清单项目。图 1 展示了本文所建立的用于表达国标清单规范概念的部分 OWL 类、个体及其层次结构。

需要说明的是,在实际工程中,由于个人习惯、

国家地区差异等因素,成本预算所涉及到的概念往往存在着多种描述,即存在信息的语义问题。例如对于“cast-in-place concrete”概念,实际中就存在“现浇混凝土”、“砼”等描述。语义问题在材料、几何、施工等概念中尤为突出。为了解决语义问题,本研究针对 Feature 的所有子类,通过收集成本预算规范以及实际工程中常用的描述,定义了包括不同语言、俗称、简称等在内的一系列的个体。这些个体之间利用 OWL 提供的 owl:SameAs 关系,实现了表达同一个概念的目的。

3.1.2 基于 OWL 的国标清单规范关系表达

OWL 对关系的表达是通过定义属性(Property)来实现的,即对每个关系均定义一个属性^[6]。此外,还通过 rdfs:subPropertyOf 来定义子属性。每个属性均有一个定义域(rdfs:domain,表明它是哪个类的属性)和一个值域(rdfs:range,表明它以哪个类或者哪种基本数据类型作为取值)。这样,就以一个二元关系式“属性(rdfs:domain 个体, rdfs:range 个体或数值)”的形式,表达了相应的关系。例如,二元关系式“has_Material(Column 个体, Cast_in_place_concrete 个体)”表达了某 Column 个体的材料特征是现浇混凝土。本文针对特征、空间、分类、优先度和运算 5 种关系,分别定义了相应的属性,部分关系如表 2 所示。特别地,由于细化关系可以通过 rdfs:subClassOf 来表达,因此无需再定义相应的属性。

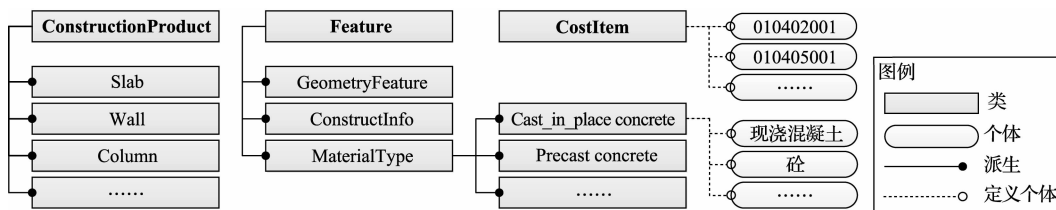


图 1 基于 OWL 的国标清单规范概念表达举例

表 2 基于 OWL 的国标清单规范关系表达举例

序号	属性举例	定义域	值域	所属关系
1	has_Material	ConstructionProduct	MaterialType	特征
2	has_Opening	ConstructionProduct	ConstructionProduct	空间
3	has_ConstructionProducts	CostItem	ConstructionProduct	分类
4	Priority_LargerThan	CostItem	CostItem	优先度
5	SubtractFrom	ConstructionProduct	ConstructionProduct	运算

3.2 基于 SWRL 的国标清单规范规则表达

SWRL 规则支持以人类容易理解的形式进行规则表达,从而支持预算人员从本专业的角度将规则“告诉”计算机,进而让计算机利用 OWL 表达的知识进行推理。与传统的编程实现方法相比,预算人员可以灵活地扩展或修改规则,从而增强相应的软件的可扩展性。

3.2.1 分类编码规则

本文针对国标清单规范的建筑工程部分的 178 条分类编码规则,均定义了相应的 SWRL 规则。例如,针对上述的“010402001 矩形柱”清单项目的分类编码规则,定义了:

$$\begin{aligned} & \text{Column} (? x) \wedge \text{Rectangular} (? y) \wedge \text{Cast_in_} \\ & \text{place_concrete} (? z) \wedge \text{has_SectionShape} (? x, ? y) \\ & \wedge \text{has_Material} (? x, ? z) \\ & \rightarrow \text{has_ConstructionProducts} (010402001, ? x) \end{aligned}$$

(规则 1)

其中,‘? x’,‘? y’等表示个体;‘类(? x)’表示? x 是某类的个体;‘属性(个体,个体或数值)’表示关系;‘∧’符号表示逻辑与,用来将前两种类型的条件结合起来;‘→’表示进行推理以得到结果。这样,基于这些 SWRL 规则,只要已知某建筑产品的相关特征信息,即可以基于相应的 SWRL 规则,利用相关推理机(例如 Jess, Jena 等)自动将其分类到某条清单项目,从而可以实现自动清单项目划分的功能。

3.2.2 工程量计算规则

本文针对工程量计算规则对应的“空间”关系,分别定义了相应的 SWRL 规则,例如:

$$\begin{aligned} & \text{ConstructionProduct} (? x) \wedge \text{Opening} (? y) \wedge \text{has_} \\ & \text{Opening} (? x, ? y) \wedge \text{is_LargeOpening} (? y, \text{true}) \\ & \rightarrow \text{SubtractFrom} (? x, ? y) \end{aligned}$$

(规则 2,适用于开洞关系)

$$\begin{aligned} & \text{ConstructionProduct} (? x) \wedge \text{ConstructionProduct} \\ & (? y) \wedge \text{has_Accessory} (? x, ? y) \\ & \rightarrow \text{UnionWith} (? x, ? y) \end{aligned}$$

(规则 3,适用于附属关系)

$$\begin{aligned} & \text{ConstructionProduct} (? x1) \wedge \text{ConstructionProduct} \\ & (? x2) \wedge \text{has_Intersection} (? x1, ? x2) \wedge \text{has_Cost_} \\ & \text{Item} (? x1, ? y1) \wedge \text{has_CostItem} (? x2, ? y1) \wedge \\ & \text{Priority_LargerThan} (? y1, ? y2) \\ & \rightarrow \text{SubtractFrom} (? x1, ? x2) \end{aligned}$$

(规则 4,适用于相交关系)

利用这些 SWRL 规则推理的结果是能够确定“运算”关系。这样,基于“运算”关系,预算人员或者应用软件可以具体地进行相应的布尔运算、体积/面积计算等几何运算,从而可以得到满足工程量计算规则的工程量计算结果。

4 基于本体论的建筑工程成本预算数据表达和利用框架

基于本体论的国标清单规范的知识 and 规则表达,为表达和利用建筑工程成本预算所需要的数据奠定了基础。鉴于目前 BIM 技术在建筑工程中的广泛应用,从理论上讲设计结果可用来向成本预算共享数据。据此,本文建立了一个基于本体论的建筑工程成本预算数据表达和利用框架,如图 2 所示。该框架主要包括三个流程:

(1) 设计数据导入。实际项目的设计结果 BIM 数据,需要利用基于 OWL 的成本预算规范知识进行数据转化,转化为成本预算所需要的本体数据。即,针对设计结果 BIM 数据中的建筑产品类概念定义相应的 OWL 建筑产品个体,并利用预定义的 OWL 属性将 OWL 建筑产品个体与预定义的 OWL 产品特征个体关联起来。例如针对设计结果 BIM 数据中的柱,需要定义一个 Column 个体;通过提取 BIM 数据中柱的材料信息,在 MaterialType 子类的预定义个体中找到并确定相应的 MaterialType 个体,然后利用 has_Material 属性建立 Column 个体和 MaterialType 个体之间的关系;等等。

(2) 推理。基于前面转化得到的成本预算所需要的本体数据,利用定义的 SWRL 规则,并调用推理机(例如 Jess 或 Jena)来进行推理并得到相应的结果。例如,上一流程得到的 Column 个体,推理机可以自动判断其特征是否符合(规则 1)的条件,若符合,即可推理得到该 Column 个体被划分至“010402001”清单项目的结果。该流程的结果是,可以得到实现了清单项目划分、工程量计算方法判定等的本体数据。

(3) 数据导出与计算。推理后的本体数据导出至基于 BIM 的成本预算应用软件中,通过具体地进行工程量计算、报表导出等功能,最终实现成本预算的全部功能。

在该框架中,计算机可以基于成本预算规范自动地进行清单项目划分以及工程量计算方法判定等

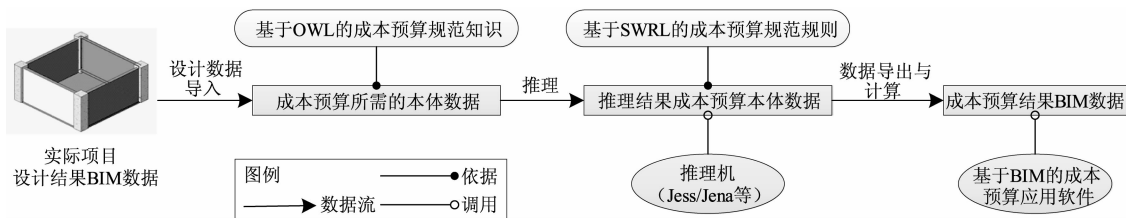


图2 基于本体论的建筑工程成本预算数据表达和利用框架

工作,从而可以有效地减轻甚至取代预算人员的工作量,并为实现建筑工程成本预算自动化奠定了基础。在相应软件中,预算人员只需该框架,针对不同规范中包含的知识和规则进行表达或者扩展,即可实现对不同规范的支持。与传统的需要软件开发人员依据规范编写或修改程序代码的方式相比,该框架相应软件的可扩展性更好。

5 结语

本研究通过对国标清单规范的知识 and 规则的分析,实现了基于本体论的建筑工程成本预算规范表达,以此为基础建立了一个基于本体论的建筑工程成本预算数据表达和利用框架,并阐述了该框架的适用性。本研究的结论如下:

(1) 该表达和框架支持让计算机像预算人员一样掌握成本预算规范的知识 and 规则,并通过与 BIM 技术相结合获得共享数据,从而可以实现对共享数据的自动利用,进而促进 BIM 技术在建筑工程成本预算领域的应用。

(2) 该表达和框架可以方便预算人员在相应软件中针对不同规范中包含的知识和规则进行表达或者扩展,从而增强相应软件的可扩展性。

参考文献

- [1] 马智亮, 张修德, 邱世勋, 魏振华, 王鹏翊. 基于 BIM 技术的建筑工程预算软件框架设计[A]. 见: 第十五届全国工程设计计算机应用学术会议[C], 中国黑龙江哈尔滨, 2010.
- [2] 马智亮, 姜喆. IFC 标准在我国建筑工程成本预算中应用的基本问题探讨[A]. 见: 工程三维模型与虚拟现实表现——第二届工程建设计算机应用创新论坛论文集[C], 中国上海, 2009.
- [3] Fredrik Arvidsson, Annika Flycht – Eriksson. Ontologies I [OL]. <http://www.ida.liu.se/~janma/SemWeb/Slides/ontologies1.pdf>, retrieved 26 Nov 2008.
- [4] 中华人民共和国住房和城乡建设部, 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB50500 – 2008 建设工程工程量清单计价规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 2008.
- [5] Wikipedia. Horn clause [OL]. http://en.wikipedia.org/wiki/Horn_clause, retrieved on 16 June 2012.
- [6] W3C. OWL Guide [OL]. <http://www.w3.org/TR/owl-guide/>, retrieved on 10 Feb 2004.
- [7] W3C. SWRL: A Semantic Web Rule Language: Combining OWL and RuleML [OL]. <http://www.w3.org/Submission/SWRL/#2.2>, retrieved on 21 May 2004.

Ontology-based Representation of Specifications for Construction Cost Estimation

Wei Zhenhua, Ma Zhiliang

(Department of Civil Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: The support of existing software applications for construction cost estimation (CCE for short hereafter) for the specifications for CCE (CCE specifications for short hereafter) mostly depends on the estimators' manipulation in a large extent. Therefore, the proficiency of the estimators on CCE specifications greatly affects the efficiency

PKPM 与 Revit 实现双向数据互连 进一步推动中国 BIM 技术的普及

中国建筑行业软件的龙头企业建研科技股份有限公司(以下简称“建研科技”或“CABRTECH”)2012年7月与全球二维和三维设计、工程及娱乐软件的领导者欧特克有限公司(简称“欧特克”或“Autodesk”)在京签署战略合作备忘录,共同推动建筑信息模型(BIM)等技术在中国工程建设行业的研究与应用,并进一步推动 PKPM 产品与欧特克产品的数据互连。经过数月的测试与调整,建研科技 PKPM 系列设计软件主要产品成功实现与欧特克 BIM 软件产品 Revit 的数据链接,帮助制图人员、设计人员和工程师之间实现更好的协作。

近年来,产业结构的调整和变化以及信息技术革命的实践,已经对建筑行业产生了深刻的影响。为顺应这一变革,研究如何在建筑全生命周期内推广和应用 BIM 技术,开创一条适合各自行业特点的发展道路,实现建筑相关技术的更新和变革,已经成为十分重要的课题。因此,各软件商之间纷纷展开了战略合作,努力推动 BIM 在中国的发展进程。

据了解,PKPM 是中国建筑行业的主流软件,尤其在结构分析计算方面与国家规范结合最为紧密。而 Revit 则是目前使用相对广泛的 BIM 软件,其侧重于 BIM 模型的建立,跨专业实现协调设计。PKPM 软件和 Revit 软件实现双向数据互连,即 Revit 的模型数据可导入 PKPM 进行结构计算,PKPM 模型数据也可导入 Revit 作为建筑设计、水暖电设计的参考。二者的数据互连,给各专业工程师的工作带来了很大的便利,进一步推动了 BIM 在中国工程建设行业的应用和普及,同时也是 Revit 满足中国本地设计人员需求的重要步骤。

建研科技股份有限公司副总裁金新阳表示,“建研科技与欧特克公司是战略合作伙伴关系。双方在技术层面的合作(包括 PKPM 与 Revit 数据成功互连及二维 CAD 领域的技术共享),会更好地推动中国建筑行业技术的进步。此外,我们还将与欧特克公司计划在中国本地及海外市场展开科研及商业合作,共同为带动行业的技术进步出一份力。”

欧特克公司中国区工程建设行业总监李邵建表示,“建研科技旗下的 PKPM 是一款面向建筑工程全生命周期的集建筑、结构、设备设计于一体的集成化软件,这次 Revit 软件与其数据互连成功,等同于把 PKPM 和 Revit 在 BIM 的整个流程中结合起来,这样可以让中国的设计人员在用 Revit 的同时也可以用到 PKPM 结构分析软件,同时解决了 BIM 流程中不同建筑模型数据间的相互转换问题,从而可以大大提高工作效率并降低出错率。”

二十年前一场“甩图板”的运动帮助中国工程建设行业实现了从纸笔到计算机二维绘图的飞跃。十年前 BIM 这个理念刚被提出就引起了业界的极大关注。如今,BIM 技术已经触动了中国建筑行业未来的神经,并以迅猛之势为中国建筑行业注入新的动力。可以说,BIM 技术的认知程度在中国已经越来越高,其作品的数量和质量逐年提高。这些都集中反映了 BIM 技术在推动中国设计单位攀登三维数字模型技术设计新高度和引导行业可持续设计方面所取得的最新成果。作为中国建筑结构设计翘楚的 PKPM 和 BIM 主流软件 Revit,其开放的举措无疑会帮助设计人员将挑战转变为机遇,找到更好的设计方法,从而获得竞争优势。

(电通蓝标(北京)公共关系顾问有限公司 提供)

(接前页)

and accuracy of CCE. In addition, the existing software applications cannot adapt well to the change in the CCE specification. Ontology provides a potential approach to establish a computerized and flexibly extendable representation of CCE specifications. In this paper, based on the analysis of a typical CCE specification, an ontology-based representation of CCE specifications is established. Then, an ontology-based framework for expressing and automatically utilizing CCE data is formulated and the generality of the framework is illustrated. The representation and framework lay a sound foundation for automatic CCE.

Key Words: Ontology; Construction; Construction Cost Estimation; Specifications for Construction Cost Estimation