

doi: 10.7690/bgzdh.2016.05.001

基于本体和知识组件的高低机设计方法研究

曹曼君¹, 徐亚栋¹, 羊柳¹, 任俊新², 何淼²

(1. 南京理工大学机械工程学院, 南京 210094; 2. 南京信息职业技术学院计算机与软件学院, 南京 210023)

摘要: 为了提高高低机设计质量和效率, 提出一种基于本体和知识组件的高低机设计方法。利用本体和知识组件开展高低机设计知识的表示与建模, 构建高低机设计知识库, 在明确基于本体和知识组件的高低机设计方法的基础上, 以 Java 为平台开发了高低机设计专用系统, 并以某高低机的设计实例进行验证。验证结果表明: 该方法及开发的设计系统具有可行性和有效性, 能够按照本体中既定设计流程, 依次调用对应知识组件, 实时提示相关设计知识, 辅助设计人员完成繁琐与重复的计算工作。

关键词: 高低机; 知识获取; 知识表示; 本体; 知识组件

中图分类号: TJ303 **文献标志码:** A

Study on Design Method for Elevating Mechanism Based on Ontology and Knowledge Components

Cao Manjun¹, Xu Yadong¹, Yang Liu¹, Ren Junxin², He Miao²

(1. School of Mechanical Engineering, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China;

2. School of Computer & Software, Nanjing College of Information Technology, Nanjing 210023, China)

Abstract: In order to improve the design quality and efficiency, put forward a component based on ontology and knowledge of machine design method. Use ontology and knowledge component design knowledge representation and modeling, construct high and low machine design knowledge base, based on ontology and knowledge of high and low machine design method, develop and design high and low machine design system based on Java platform. And it is verified with certain type high and low machine design examples. Verification results show that the method and the development of the design of the system has the feasibility and effectiveness, call the corresponding knowledge components in turn according to the given design process in the ontology, display related design knowledge in real-time, and help design personnel to complete the cumbersome and repetitive calculation work.

Keywords: elevating mechanism; knowledge acquisition; knowledge representation; ontology; knowledge component

0 引言

高低机是火炮的重要零部件, 作用是操纵起落部分绕耳轴旋转赋予炮膛轴线高低角。根据传动链末端驱动起落部分的构件不同, 高低机分为齿弧式高低机、螺杆式高低机和液压式高低机。笔者研究的对象为齿弧式高低机, 其设计包括确定传动方案、手轮力计算、零部件的校核等设计步骤^[1]。

目前国内外在高低机设计方面已经做了一定的研究, 文献[2]给出一种火炮高低机辅助设计系统; 文献[3]提出一种新的舰炮高低机设计预计方法, 并对设计中如何得到高精度的高低机, 提出相应的设计控制手段; 文献[4]运用虚拟样机技术, 设计了适用于现代局部战争的高机动性小型多管火箭炮高低机构。但是, 现有设计方法中难以有效重用高低机设计知识及经验, 尚未提出一套完整及高效的高低

机设计工具; 因此, 亟需发展先进的设计方法, 提高高低机设计的质量和效率。

为此, 笔者提出一种基于本体和知识组件的高低机设计技术, 利用本体和知识组件进行高低机设计知识的表示与建模, 确定基于本体和知识组件的高低机设计方法及流程, 并开发高低机设计专用系统。系统通过既定设计流程, 调用对应设计知识组件, 辅助设计人员快速准确地完成繁琐与重复的计算工作, 从而提高高低机设计的质量和效率。

1 高低机设计知识的获取

高低机设计知识主要包括传动系统设计的原理、参数的约束条件、零部件的校核方法、专家头脑中的设计经验等。

笔者采用人工获取方式实现了高低机设计知识的获取, 具体流程如图 1 所示。

收稿日期: 2016-01-03; 修回日期: 2016-02-20

基金项目: 国防基础科研计划(A2620130003)

作者简介: 曹曼君(1988—), 男, 安徽人, 硕士, 从事火炮设计技术研究。

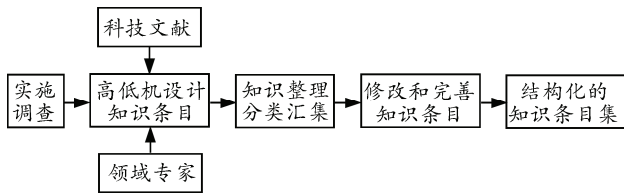


图 1 高低机设计知识获取流程

通过与领域专家对话，向领域专家提出问题，了解高低机设计现状、设计流程、发展趋势以及各种设计经验等，并详细记录领域专家的答案。通过查阅文献、书本以及与领域专家对话，将高低机设计相关知识整理成 Word 文档的形式。从领域专家、文献、书本等获取的知识往往是杂乱无章的，没有条理性。笔者在充分理解高低机设计知识的基础上，对得到的答案进行了整理、分类、汇集，并定义了高低机设计计算类知识的表达模板，将各个知识条目通过模板的形式表达出来。笔者开发的模板对高低机的计算类知识具有通用性。以计算涡轮蜗杆副的传动比为例，知识表达模板如表 1 所示。

表 1 知识表达模板

涉及的流程	输入参数	参数来源	参数约束	输出参数	计算公式
确定机动传动各级传动比	涡轮齿数 Z_3	—	$Z_3 \geq 24$	涡轮蜗杆副的传动比 i_2	$i_2 = \frac{Z_3}{Z_4}$
各级传动比	蜗杆头数 Z_4	—	一般 $Z_4=1$		

为了确保整理后知识条目的准确性，笔者将整理好的知识条款反馈给领域专家，通过领域专家的指点，对知识条款做了进一步的修改和完善，如此反复数次，直到得到领域专家的完全认可。

2 高低机设计知识的表示

2.1 本体的构建

本体是用来描述某个领域甚至更广范围内的概念以及概念之间的关系，使得这些概念和关系在共享的范围内具有大家共同认可的、明确的、唯一的定义，这样人机之间及机器之间就可以进行交流^[5]；因此，笔者采用本体对设计知识进行逻辑性的表示。

高低机设计本体是对高低机设计知识的概念化描述，可用于表示高低机设计过程。高低机的设计过程可分解成若干具有先后关系的设计步骤，设计步骤中对应若干分析计算程序、设计参数、参数的约束以及参数选取的经验等。

高低机设计本体的构建主要包括构建设计步骤类、设计参数类，通过添加设计步骤类间的对象属性描述设计步骤间的先后关系，添加设计步骤类与设计参数类之间的对象属性，描述设计步骤与设计参数之间的关系，通过添加设计参数的数据属性，描述设计参数选取的约束、经验及规则等。表 2 为针对高低机设计知识定义的部分属性。

表 2 高低机设计本体中部分属性

对象属性		数据属性	
属性名	含义	属性名	含义
haspart	组成	hasAdvantage	优点
classifiedBy	分类	hasDefinition	定义
justEarlierThan	先于	hasPrinciple	原理
justLaterThan	后于	hasExplanation	解释
isInputParameterOf	输入参数	hasExperience	经验
isOutputParameterOf	输出参数	lowerLimit	下限
hasMaterial	使用材料	upperLimit	取值上限

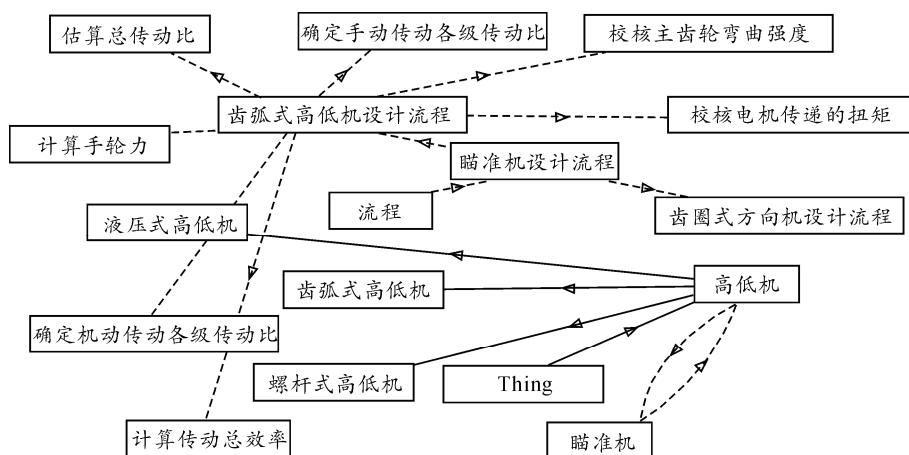


图 2 部分高低机设计本体的可视化展示

OWL (web ontology language)^[6] 是由 W³C (world wide web consortium) 规范的一种本体描述语言，OWL 语言在制定过程中充分考虑了对语义映射机制的支持，提供了一套更强的用于定义和

描述概念和属性类型的机制，并且在其语法和语义中都融合了描述逻辑的构建思想，适合用来表示概念和概念之间的关系，笔者选用其作为本体的建模语言。Protégé^[7] 是斯坦福大学医学院信息研究组开

发的一个免费、开源的本体工具，笔者选用其作为建模工具实现本体的构建，构建完成的设计本体存储于 OWL 文档中，图 2 为部分高低机设计本体的可视化展示。

2.2 知识组件的开发

高低机设计知识组件是针对高低机设计过程中的某个分析计算过程，将其对应的分析计算模型的基本信息、输入参数、参数约束、参数来源、核心计算程序及输出参数等封装成一体，形成具有统一交互界面的可执行文件。

高低机设计知识组件的组成和运行过程如图 3 所示，知识组件中包含人机交互界面，输入参数接口，输出参数接口，知识组件运行环境，组件调用接口。人机交互界面主要供用户输入设计参数并显示计算结果，输入参数接口可读取其余知识组件的输出参数，输出参数接口可输出规范的设计输出以供其他知识组件读取，知识组件运行环境用于实现知识组件的实际计算过程，组件调用接口便于专用设计系统对组件的调用。输入参数中有数组的知识组件运行过程中，首先从数据库中加载输入参数，然后调用知识组件的核心进程，执行分析计算程序，得到计算结果，最后将计算结果在图形编辑器上显示供设计人员查看。

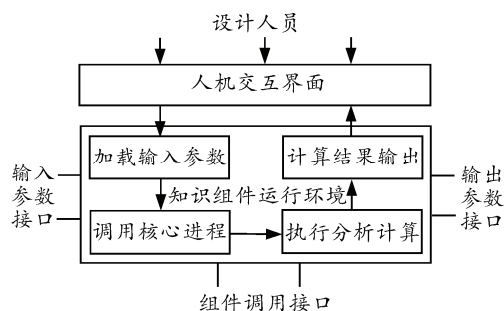


图 3 高低机设计知识组件的组成和运行方式

知识组件的开发是基于 Java 实现的，其开发策略如下：

1) 确定知识组件的输入参数类型，输入参数的类型分为 3 类：一类是已知的，设计前已经明确给出的；一类是有约束条件的；一类是由其他组件计算得来的。

2) 使用 Eclipse 开发工具，将知识组件的输入参数、输出参数和计算过程分开定义，并转化成各自对应的 Java 包。每一个知识组件的输入参数和输出参数分别定义特定的代号，便于计算过程中的相互调用。

3) 使用 Visual Studio2013 工具，设计知识组件的人机交互界面，包括知识组件功能的显示区域，参数的输入区域，输出参数的显示区域和知识组件的控制区域。

4) 利用 Java 语言编写知识组件运行所需的代码，包括参数读入，参数选取，参数计算和参数输出等过程，并转化成对应的 Java 包。

5) 建立人机交互界面与 Java 包之间的对应关系，开展知识组件性能测试，形成知识组件。

开发完成的知识组件具有唯一的名称和存储路径，所有的知识组件存储于固定位置，即可形成高低机设计知识组件库。图 4 为针对总传动比估算开发的知识组件界面图。



图 4 估算传动总传动比知识组件界面

2.3 本体与知识组件映射关系的建立

高低机设计知识组件与设计本体中的设计对象类和计步骤类存在着较复杂的对应关系，某个设计对象或设计步骤可能与多个知识组件相关，而某个设计知识组件又可能和多个设计对象或设计步骤相关。这样就会出现高低机设计本体中概念的层次结构相冲突的情况。为了避免此种情况的发生并实现设计本体与知识组件的映射，笔者采用的映射方式如下：首先对高低机设计知识组件进行编号，在关系数据库中建立知识组件映射表，将知识组件的名称、唯一编号及 URL 地址等信息存储于表中；然后分析知识组件与设计步骤或设计对象的相关性，在本体中对应的类下添加“HasComponent”（具有知识组件）属性，将知识组件的唯一编号定义为属性值。

3 高低机设计专用系统开发

笔者利用 Java 进行系统开发，设计系统主要包括人机交互界面、组件调用模块、组件执行模块、数据接口、数据库系统和高低机设计知识库。人机交互界面用于提供设计任务、设计参数的输入以及设计结果的显示等；组件调用模块用于调用知识库中的知识组件；组件执行模块用于按照既定的设计步骤，依次执行知识组件，开展设计计算；数据接

口用于传递输入输出参数，可以实现同一参数在不同组件间的传递；数据库系统用于存储知识组件执行过程中产生的各类设计参数；高低机设计知识库用于存储高低机各类设计知识。高低机设计系统框架图如图 5 所示。

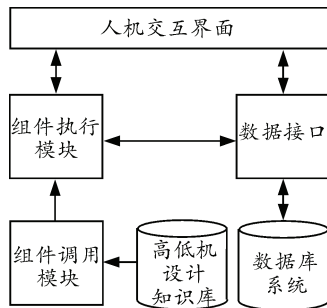


图 5 高低机设计系统框架

4 应用实例

现有一高低机设计任务(某超轻型牵引榴弹炮高低机设计)，类型为齿弧式，只有手动传动一种传动方式，要求高低瞄准速度不低于 1.6 (°)/s，设计指标包括口径为 122 mm，起落部分转动惯量为 17 777 N·m² 等。

利用基于本体和知识组件的高低机设计系统，根据当前设计任务检索知识库，得到对应设计流程，包括：估算传动总传动比，确定传动各级传动比，计算传动效率，计算手轮力，主齿轮弯曲强度校核；依次执行各设计流程对应的知识组件，得到设计结果。部分知识组件执行过程如图 6 所示，计算完成后得到的部分输出参数如表 3 所示。

图 6 知识组件的执行界

表 3 设计结果对应

主要设计参数	原有设计结果	当前设计结果
主齿轮副传动比	11.4	13.53
涡轮蜗杆副传动比	32	29
锥齿轮副传动比	1.11	1.05
实际总传动比	405.33	411.07
等速时期最大手轮力/N	30.6	29.1
加速时期最大手轮力/N	105.94	101.00

由表 3 可以看出：采用基于本体和知识组件的设计方法，能实现高低机的计算设计，得到的设计结果与原有设计结果基本一致，能够满足高低机的设计要求。同时，在文中开发的高低机设计系统辅助下，高低机的设计时间明显缩短了。

5 结论

笔者提出了基于本体和知识组件的高低机设计方法，采用人工知识获取方式开展了高低机设计知识的获取，得到了结构化的知识条目。利用本体构建了高低机设计步骤与设计参数之间的关系，知识组件完成了高低机设计过程中的计算过程，并建立了本体和知识组件之间的映射关系，实现了高低机设计知识的表示与建模。

在此基础上，笔者定义了高低机设计系统结构，开发了基于本体和知识组件的高低机设计专用系统；最后，以某高低机的设计实例验证了笔者所提方法及开发的设计系统的可行性和有效性。