

基于 KBE 的管道支吊架设计系统

王所紧¹, 莫 蓉¹, 常智勇¹, 杨海成²

(1. 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, 陕西 西安 710072)

(2. 中国航天科技集团公司, 北京 100037)

摘要:管道支吊架设计工作中,设计人员要经常查阅专业资料对其进行变参数、变结构设计。为解决这个问题,将参数化技术和知识工程结合在一起,开发了基于 KBE 的管道支吊架智能设计系统 Hanger Wizard。该系统利用知识熔接技术、数据库技术、UDF(User Defined Feature)技术和知识向导界面设计技术,实现了管道支吊架的快速变形设计和支吊架参数与管道参数同步更新。

关键词:知识工程(KBE);支吊架设计;知识熔接技术;用户自定义特征(UDF)

中图分类号:TP391.7

文献标识码:A

文章编号:1672-1616(2007)07-0050-04

管道支吊架是管道系统的重要组成部分。在火力发电厂工程设计中,其工作量占管道施工图设计工作量的 30%~60%。在核电站工程设计的 CAD 系统标准图库中,各类支吊架图纸要占 50%~60%^[1]。目前管道支吊架设计存在大量的重复劳动,一旦管道尺寸和类型发生改变,工程人员就要重新查阅相关标准对管道支吊架重新设计,不能做到支吊架自动更新;设计、分析和优化一般在不同软件中进行,设计参数不能进行自动的连接和更新,使得优化的结果不能反映到支吊架几何模型中。

知识工程^[2](Knowledge Based Engineering, KBE)最核心的功能就在于实现知识重用。因此,把产品设计与知识工程技术相结合,将可避免大量重复开发工作,从而提高产品开发的效率、节约开发成本。

本文将知识工程的概念引入管道支吊架的参数化设计中,通过构建自定义的支吊架特征,运用知识工程强大的工程处理能力,实现对自定义支吊架特征参数的知识驱动,并结合特征造型理论与工程数据库技术,从而实现支吊架的智能参数化设计。

1 系统体系结构

管道支吊架设计系统建立在三维图形处理软件 UG、数据库管理软件 SQL 和开发接口 UG Open API^[3]的基础上,通过 KBE 在 UG 中的集

成——知识熔接技术(Knowledge Fusion,简称 KF)来实现对管道的知识驱动。系统基本构架如图 1 所示,实线表示控制关系,虚线表示支持关系。管道支吊架系统主要由知识库、产品实例库、知识库管理系统和人机界面 4 部分构成。其中:

a. 知识库是管道支吊架智能设计系统的核心,存储着支吊架设计过程中所需的各种知识和规则。知识库主要包括设计规则库、工程数据库和产品实例库。设计规则库主要是各种规则的 KF 语言描述,包括用于驱动支吊架的控制参数和约束关系,管道支吊架干涉检查规则,分析校验和优化规则等;工程数据库存放各种设计过程所需的数据和公式,包括有关的设计手册、产品标准和企业规范以及支吊架材料属性等。系统通过知识库管理系统与其他模块相连,从而实现知识重用或扩充。

b. 产品实例库中存储着支吊架零件模板,每种类型的支吊架对应一个模板,模板中融合了已有的设计知识和经验,可以通过简单的组合生成新的产品,也可通过规则选择模板类型和驱动模板的参数,实现参数化、变结构设计。

c. 知识库管理系统提供直观的界面实现对已有知识的查询、修改、删除以及新知识的添加功能,包括对知识库中规则库、数据库、模型库的管理功能,使知识库具有开放性和动态可扩展性。

d. 人机界面主要采用知识向导的方式,提供方便、直观的人机交互界面,用于设计过程提示,支吊架类型选择和工程参数的修改,设计分析结果输出

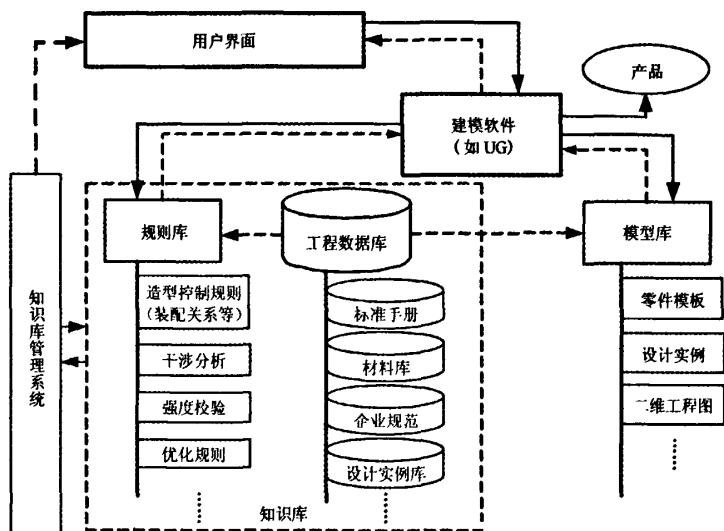


图1 管道支吊架设计系统体系结构

以及各种友好提示等。

2 关键技术

2.1 知识获取和知识表示

在管道支吊架设计系统中,设计知识主要分为模型、装配关系和控制规则3类。装配关系是结构化的知识,而控制规则相当于装配关系的属性,适合用框架表示法表达;CAD模型的数据和操作方法具有良好的封装特性,适合用面向对象的方法表示。UG的知识熔接模块(KF)^[4]提供了一种解释性的面向对象的语言,称为KF Language(KFL)。由于KFL是开放的、非程序性的,因而在创建规则时不必考虑其先后顺序,满足了知识处理系统对知识处理语言的基本要求。KFL能从外部知识源获取知识,并可以与UG的各个模块(如三维造型模块、工程分析模块、优化模块等)进行通信。利用KFL可以创建各种各样的产生式规则和操作函数(对模型的操作方法),并可以用面向对象的方法创建自己需要的类,自己创建的类可以继承已有的类也可以被其他类继承。

利用UG系统自身的特征造型技术建立支吊架的三维模型;三维模型建立后,其设计意图和功能通过确定各个变量之间的约束关系来实现,变量可以是几何尺寸、技术参数和工程参数等;将从模型中提取出来的结构参数写入相应的数据库表格中,通过KF运用KFL编写接口程序实现数据和模型之间的关联,将控制和约束关系用KF语言描述并存入规则库中。本文通过建立模型、表格及控

制规则和编写他们之间的接口程序来完成知识的获取。

2.2 知识推理和重用

在机械设计中,经常会遇到参数更改的情况,有时候根据需要也会进行结构方面的调整。如果能够通过推理实现新设计的零件与它所依附的零件以一定规则同步更新,将大大减少设计人员的设计更改工作量。通过UG的Wave技术可以达到参数的同步,但不能添加更复杂的规则,也不能实现自动的结构调整。采用知识熔接模块中的吸纳机制首先将所依附的零件采用到知识熔接中,然后通过知识规则获取零件参数,以其中一个或几个参数作为新设计零件的控制参数,用控制参数和规则来查找数据库,根据查询结果选择和驱动新设计的几何模型,从而达到两者的同步,也就实现了知识的推理和知识重用功能。

2.3 异构知识库的集成^[5]

在管道支吊架设计系统中,知识库由不同的软件和系统构成,必须在数据库、规则库和模型库之间提供智能接口,实现数据对模型的相对独立性,便于对数据的操作。KF模块拥有内置的开放式数据库连接接口,允许UG通过Windows NT平台从ODBC数据源存取数据,ug_odbc_database和ug_odbc_recordset类提供了对数据库的读写操作功能。UG Open API和Visual C++提供了对规则库的访问接口,并具有访问电子表格和文本文件等格式数据的能力。图2所示为系统集成的方法。

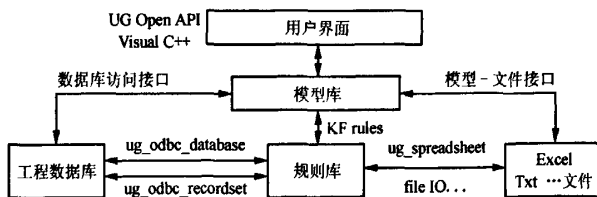


图2 系统集成

采用 UG Open API 和 UI Styler 相结合^[3]或 Visual C++ 等编程工具开发用户可视化接口,使设计人员能够通过可视化界面进行详细设计。通过系统集成,用户只需根据可视化界面提供的实例模型及其对应的参数设计要求进行相应的(数据)填充或选择,产品模型便会自动生成。当用户通过界面进行详细设计时,实际上是在重新设计数据库中存放的数据(但数据结构保持不变)。这些数据被用户确认以后将通过与模型一体封装的 KF 规则对模型发生作用,从而产生新实例。

3 系统实现

3.1 模型库的建立

对于零件库的建立,过去一般采取两种方案:采用用户自定义特征功能或通过编程实现,前者比较易于实现^[6],但交互性差,无法加入经验控制规则,缺乏智能性;后者编程实现工作量大,领域专家必须熟悉编程才能完成。本文采用将知识熔接技术和用户自定义特征功能相结合的方法来实现。通过在用户自定义特征中创建各种产生式规则,生成具有知识规则的智能 UDF,用这些规则驱动几何模型,从而实现智能化设计。用封装智能 UDF 的方法建立零件库不但易于实现,而且不需要复杂的编程工作,具有很好的交互性和智能性。

3.2 规则库建立

规则库的建立采用 KFL 实现,利用 KFL 的面向对象机制,对规则进行分类建立和管理。规则库主要包括:

a. 造型设计规则库。包括支吊架设计中所用到的管夹类、支吊杆类和螺钉螺母类等;管夹和支(吊)杆之间参数约束规则和装配关系等。此外还包括系统提供的点、线、面、体等的造型类和方法及特征操作类和方法,这些类完成了支吊架的造型功能。

b. 干涉分析规则库。主要包括干涉检查所需的方法,通过一定的算法对这些方法进行组合调用来完成干涉检查功能。

c. 强度分析规则库和优化设计规则库。包括强度约束规则、参数优化目标和优化函数及 UG 提供的强度分析和参数优化的类与方法等。

上述这些类和方法是已有经验和知识的规则化表达,共同构成了本系统的规则库。

3.3 数据库设计

考虑到系统的通用性和扩展性,数据库中包含两类表,支吊架管夹、支撑部分以及螺栓、螺母类型表和每种支吊架零件的参数数据表。当添加一种新的管夹(或其他零件)类型时,在支吊架名称表中添加新建类型名称,对应的 UDF 名称和 UDF 所在的库名,以及对应的参数数据表名称;参数数据表中的字段名称要和 UDF 定义的控制参数一一对应来实现对 UDF 参数化驱动和自动更新。表 1~表 3 为各个表结构。

表 1 Hanger Type

字段	类型	说明
type_serial	文本	支吊架的标准编号
type_name	文本	支吊架的名称,用于显示
type_dfa_class	文本	支吊架所对应的类,是生成该支架的规则

表 2 Hanger Support Type

字段	类型	说明
type_serial	文本	支(吊)杆的标准编号
type_name	文本	支(吊)杆的名称,用于显示
type_dfa_class	文本	支(吊)杆所对应的类,是生成该支吊杆的规则

不同类型的管夹、支(吊)杆等零件的参数表各有不同,以 C1 型管夹^[1]为例,其参数包含管夹公称直径、内半径、管夹厚度、管夹宽度等。由于 KF 程序对大小写不敏感,所以采用如下命名规则:对于标准手册中的大写字母采用双小写,小写字母按标准书写。根据以上规则,C1 型管夹对应的参数见表 3。

表 3 Hanger Split Round clamp

字段	类型	说明
serial_number	数字 序号	
Dn	数字 管夹公称直径	
rr	数字 管夹内半径	
hhl	数字 管夹外圈边缘到端点的距离	
hh	数字 管夹外径弦长一半	
ff	数字 上下管夹间距	
delta	数字 管夹厚度	
b	数字 管夹宽度	
r	数字 倒角半径	

4 系统实例

支吊架智能设计向导流程如图 3 所示,支吊架的设计者只需进行简单的选择和少量的输入操作即可完成支吊架的设计。支吊架的尺寸和管道的外径以及管道用途紧密相关,系统自动根据管道直

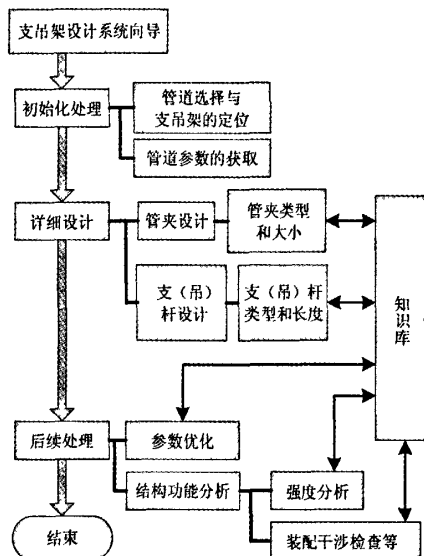


图 3 系统流程

径和类型在数据库中查找相关的尺寸参数系列驱动支吊架 UDF,无须用户查询相关手册,而且当管道直径改变时,支吊架尺寸根据规则自动更新。设计结果如图 4 所示。

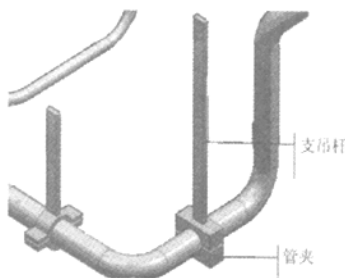


图 4 设计结果

5 结束语

本文针对管道支吊架设计工作的实际情况,开发了基于知识工程的管道支吊架设计系统 Hanger Wizard,该系统采用利用知识熔接技术构建支吊架设计知识规则库,利用融入知识规则的智能 UDF 建立实例库,以知识驱动参数化的几何模型;同时采用了知识向导界面,对企业实现设计知识的存储与重用,提高设计效率、改进设计质量,进行智能化设计具有现实意义。

参考文献:

- [1] 国振喜,曲昭嘉. 管道支吊架设计手册[M]. 北京:中国建筑工业出版社,1998.
- [2] 何新贵. 知识处理与专家系统[M]. 北京:国防工业出版社,1990.
- [3] 董正卫,田立中,付宜利. UG/OPEN API 编程基础[M]. 北京:清华大学出版社,2002.
- [4] 王 刚. UG 知识熔接技术培训教程[M]. 北京:清华大学出版社,2002.
- [5] 贾怀玉,金先龙,李 治,等. 基于 KBE 的电梯智能设计系统[J]. 计算机辅助设计与图形学学报,2004,16(6):861-864.
- [6] 台立钢,郭连峰,钟延修. 基于知识工程的用户特征零部件库的开发与应用[J]. 机械,2005,32(10):8-10.

The System of Intelligent Hanger Design Based on KBE

WANG Suo-jin¹, MO Rong¹, CHANG Zhi-yong¹, YANG Hai-cheng²

(1. Northwestern Polytechnical University, Shaanxi Xi'an, 710072, China)

(2. China Aerospace Science and Technology Corporation, Beijing, 100037, China)

Abstract: In order to go over the shortcoming of traditional method for hanger design, it presents a hanger design system based on KBE, which is named hanger wizard. In this system, a wizard UI based on knowledge fusion, database and UDF technology is used in the tool, which make hanger design more quickly and parameters updating along with the piping.

Key words: KBE; Hanger Design; Knowledge Fusion; UDF