基于模板数据库的工程 CAD 拓扑建模方法

刘静华 王 雷

(北京航空航天大学 机械工程及自动化学院, 北京 100191)

摘 要: 应用模板数据库的方法,进行工程 CAD 管网拓扑建模. 通过将工程对象抽象为很多具有各自特征的拓扑结构模板,建立拓扑模板数据库. 在模板数据库基础上设计了一种松耦合的 3层体系结构的工程 CAD 管网建模系统. 此体系结构包括:用户层、库管理层、数据层. 库管理层能够对拓扑模板进行方便快捷的管理、扩展,从而可以高效地建立和维护管网模型的拓扑结构;数据层提供统一的数据接口,使得不同领域之间可以共享拓扑模板数据. 系统的层次结构分明,系统模块之间的依赖关系低,并且易于实现. 采用本系统能够大大提高管网模型的建模效率和兼容性.

关 键 词: 工程; 计算机辅助设计; 拓扑; 模型

中图分类号: TP 391. 7

文献标识码: A **文 章 编 号**: 1001-5965(2009)02-0193-04

Topobgical modeling system of engineering CAD based on template data library

Liu Jinghua Wang Lei

(School of Mechanical Engineering and Automation, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100191, China)

Abstract: Topological pipe-net models of engineering CAD were established using templates data library. The topological templates data library was constituted of many topological models each of which was abstracted from engineering object and had its unique characters. The loosely coupled three-tier architecture system that was applied to model pip-net models of engineering CAD was designed based on topological templates data library. The system included three layers: user layer, templates data library management and data layer. The templates data library management provided convenient and instant management of topological templates, and consequently the establishment and maintenance of pipe-net templates became more efficient. The data layer provided common data interfaces and thereby the topological templates data from different fields could be shared. The system hierarchy is clear, and the dependent relationships between system models are fewer, and especially it is easy to be realized. The efficiency and compatibility of pip-net modeling in engineering CAD field can be greatly improved using this system.

Key words: engineering; computer aided design; topology; models

工程 CAD 的核心是建模. 建模有两个方面:一是工程产品的整体逻辑结构[1],如流程型工厂的连接结构;二是基本工程对象的几何建模,即几何外形的表示和保存. 工程 CAD 由于其自身的特点[2],工程对象之间的连接,即工程对象的拓扑结构已经成为建模的重点和核心. 本文采用建立模板数据库的方法来维护工程 CAD 中工程对象的拓扑关系.

1 工程 CAD 对象拓扑关系

工程设计人员在建立工程对象几何模型的同时,将大量设计约束隐含于基本构件的连接与匹配之中,这些约束是自动生成工程图表的基础,因

收稿日期: 2008-07-20

作者简介: 刘静华 (1953 -),女,黑龙江哈尔滨人,教授, ljh1012@126. com.

此基本构件之间拓扑关系的建立与维护是建模的关键问题[3].

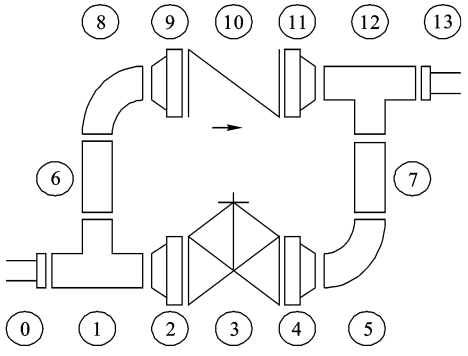
对于采暖通风设计领域而言,从工程设计的角度出发,本文将工程对象或具有独立功能的构件抽象为节点,通过节点的连接来描述工程对象的整体拓扑结构,将工程对象的特殊点、特殊线、特殊面抽象为特征点、特征线、特征面来描述工程对象间的局部拓扑连接.根据工程产品特点,工程产品的模型中的拓扑特征可抽象成为两个层次.

1.1 整体约束

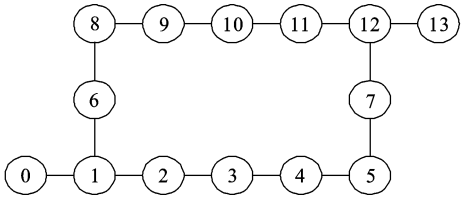
从整体上来说,采暖通风系统模型(以下简称管网模型)可以表示成为三维空间中的图结构,以构件(采暖通风系统的基本组成部分,包括设备、管子、管件、阀门及仪表等)作为图的节点,以构件之间的连接关系作为图的边,从而抽象出构件的整体约束特性.很多管网模型的操作都要求保持整体拓扑不变.

1.2 局部连接约束

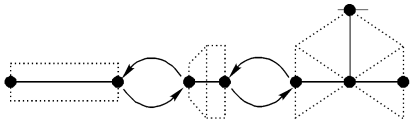
管网模型不仅要描述两个构件相连接的关系,还必须能够描述发生连接的端口.只有满足管径、端面类型、压力等级、物流方向等工程约束的端口才能相互连接,而很多这类工程属性只有在构件的物理端口上才有定义.局部连接约束是构成整体约束的基础,但约束的对象是构件的端口,而不是构件本身,二者是有明显区别的(如图 1).



a 采暖通风管网膜型示意图



b 管网模型整体约束图



c 局部约束

图 1 采暖通风管网模型图

在拓扑建模中,连接是为了表达工程对象之间的定位关系,因此,是对定位关系的抽象.故在拓扑建模中,连接实质上是表达特征点、特征线、特征面之间的定位关系.

节点之间的连接种类有以下 9种:

1) 特征点与特征点之间的连接(point-point);
2) 特征点与特征线之间的连接(point-line);
3) 特征点与特征面之间的连接(point-face);
4) 特征线与特征点之间的连接(line-point);
5) 特征线与特征线之间的连接(line-line);
6) 特征线与特征面之间的连接(line-face);
7) 特征面与特征点之间的连接(face-point);
8) 特征面与特征线之间的连接(face-line);
9) 特征面与特征面之间的连接(face-face).

2 工程对象拓扑结构模板

在工程设计领域以产品知识为基础,按照国家标准,各个行业的基本组成工程对象可以按照一定的规则划分为许多种类,如在采暖通风系统是由管道、元件、设备等组成,而管道可以分为圆管、方管等基本构件,元件可分为弯头、阀门、三通等基本构件,设备可以分为容器、塔、换热器、干燥器、锅炉等基本构件.

由于每种基本构件都有固定的几何形状,只是几何参数不同,但是每一种基本构件拓扑结构是相同的,故可将每种基本构件抽象出其拓扑结构模板.

2.1 管 道

从特征的角度来说,管道是一种简单的构件,只包括两个关键点(与其他构件发生连接关系或者构件内部的特殊点)和一条边(如图 2),图中管道关键点实际中与线的大小相同,为了表示方便将其放大(后面涉及关键点的图都采用此方法).但管网模型中的管线并不是严格意义上的刚体,具有切割、合并、拉伸等特殊操作,必须特殊处理,算法也比其他构件复杂.



图 2 管道拓扑结构模板

2.2 元 件

元件的数量巨大、拓扑结构千差万别、工程约束繁多,不同行业、不同设计院之间的设计差异主要也体现在元件的不同上,元件描述的灵活性直

接关系到工程 CAD软件系统在实际中的应用.本文通过对采暖通风系统元件进行分析,将元件划分为 10种基本类型进而抽象出元件拓扑结构模板:直通型、三通型、斜接型、偏心型、Y型、十字型、U型、角型、角弧型、倒弧型 (如图 3).

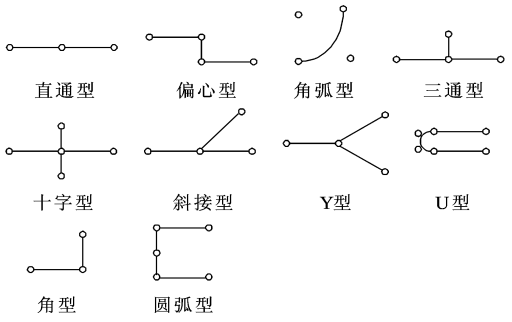


图 3　元件的拓扑结构模板

2.3 设　备

设备的分类比较复杂,工程上按功能可分为容器、塔、换热器、贮罐、干燥器、锅炉、风机、泵、压缩机等.然而设备的内部结构对于管网模型来说是透明的,管道设计只涉及设备的外部形状及通过管嘴与管线相接的情况,因此,设备的构件图只包括关键点集合 (可能为空),用于描述设备与管线的连接约束,设备的关键点数目理论上没有限制,所以设备上的关键点标记不起作用.设备中心线是设备整体形状的一种抽象,它能够为后续判断设备与管线、构筑物与其他设备之间的相对位置关系提供基准 (如图 4).

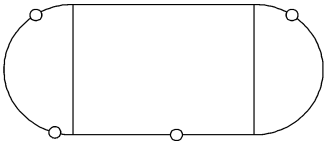


图 4　一种设备拓扑结构

3　基于模板数据库的系统架构设计

3.1 系统结构

基于模板数据库系统采用标准的 3层结构:用户界面层、库管理层和数据层 (如图 5).

采用标准的 3层体系结构的方式,系统的层次结构分明,模块间的相互依赖性最小,提高了系统的稳定性和健壮性.

用户界面层提示用户进行查询、删除、工程对象选取、插入、对象编辑等操作.工程对象的选取可使用户选择要操作的对象,对象编辑完成工程对象的参数信息和工程属性信息的输入、修改.

库管理层包括库选择、模板管理、几何信息设定、工程属性信息设定等,模板管理使工程设计人员可以按照自己的设计思想对模板库中的某个模板进行升级或者删除,也可以向模板库增加新的模板.这样就能使模板标准库得到扩展,变得更加强大,满足更多的工程设计的需要.

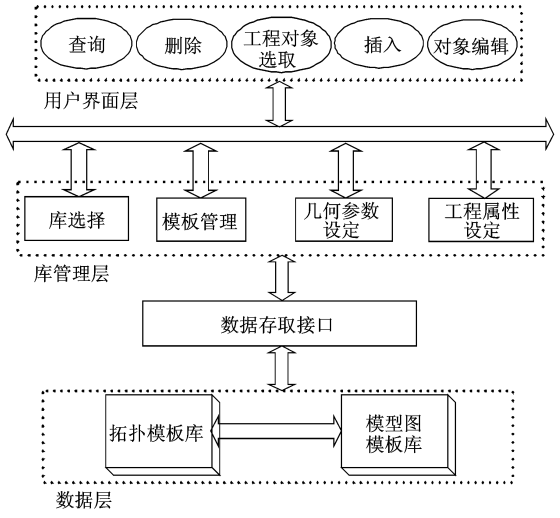


图 5　模板标准库的 3层系统结构

数据层包括拓扑模板库、模型图模板库.拓扑模板库包含了工程对象的拓扑模板、工程属性的数据组织 (如图 6).模型图模板库包含了工程对象的几何信息的系列数据 (如图 7).

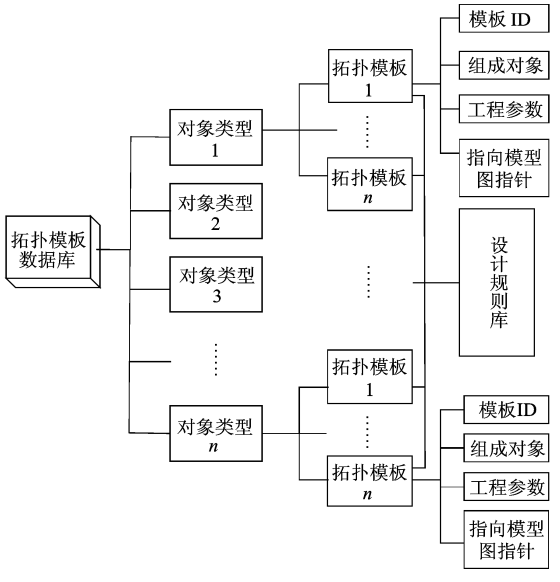


图 6　拓扑模板库结构

库管理层与数据层之间采用统一的接口,从而可以使得应用次方法的不同系统之间的模板数据共享,提高了系统的兼容性.

3.2 系统实现

系统开发平台包括 AutoCAD提供的 ARX2004,Microsoft Visual Studio.Net和 AutoCAD 2004,采用的数据库为 MySql系统的运行平台为

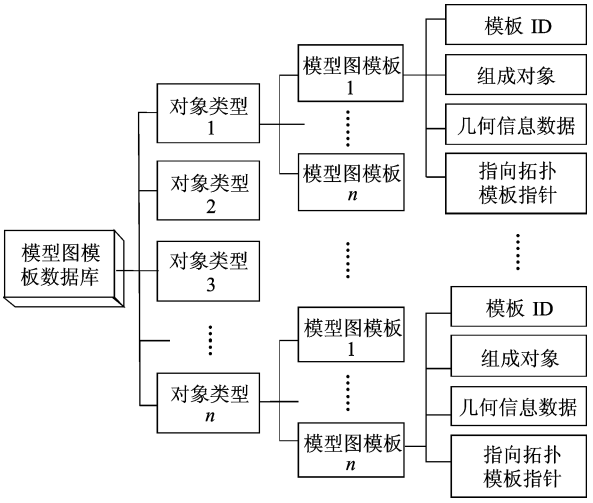


图 7 模型图模板库结构

Microsoft Windows 2000/XP 和 AutoCAD 2000/2000i/2002/2004.

随着面向对象技术的发展, Autodesk公司的AutoCAD 2004核心结构大量采用了面向对象的技术,并且随 AutoCAD 2004一起推出了面向对象技术的二次开发平台——ObjectARX2004. ObjectARX2004有如下特点: ①它通过动态链接库 (dll) 共享 AutoCAD的地址空间,直接与 AutoCAD进行通讯,所以速度上有了很大的提高; ②ObjectARX基于面向对象的技术,使开发人员能够自定义实体对象,而且与 AutoCAD本身提供的实体没有任何区别,这样,开发人员可以自定义带有工程特性和特定约束关系的实体对象,这些对象的行为由程序规定,包括对象在各个视窗中的显示和对各种事件的响应,这样可以使对象对于不同的输入做出智能判断和响应; ③ARX程序可以监控和处理 AutoCAD的各种事件,通过消息处理机制,对一些特殊的命令做出特殊的处理.

工程设计人员在进行操作时 (如图 8),设计人员选择要操作的工程对象,软件系统根据设计人员的输入在模板标准库中匹配到相应的拓扑模板和模型图模板,连接模板库中的设计规则库确定工程对象之间的连接关系和约束关系,通过对象之间的相互连接进而形成整个工程的拓扑结构图. 系统实现的效果图如图 9、图 10所示.

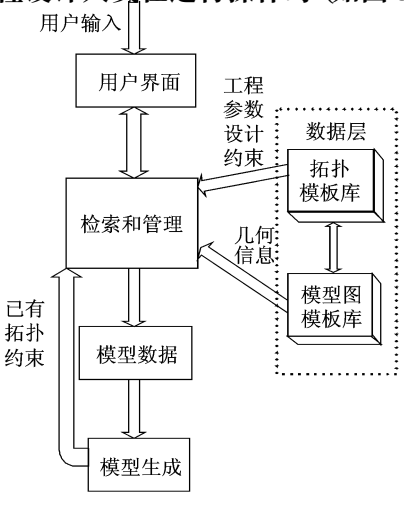


图 8 模板库工作方式

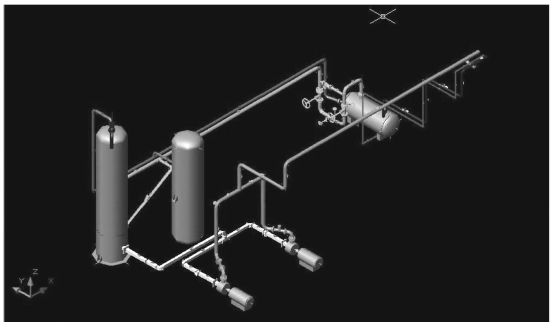


图 9 采用模板数据库开发的三维采暖通风系统模型图

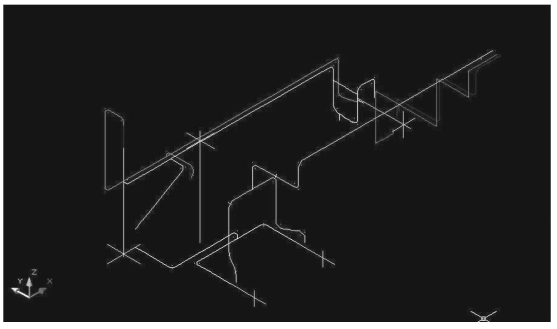


图 10 模型图的拓扑结构图

4 结束语

基于模板数据库的工程 CAD建模方法已经应用在中科辅龙计算机技术有限公司的采暖通风系统中,采用此方法只要为采暖通风系统基本组成对象建立相应的模板,就可以根据各个领域自身的特点建立相应的模板数据库,用户自己也可以定制非标准的模板,从而大大提高了设计效率.

参考文献 (References)

[1] Siyka Zlatanova. On 3D topological relationships[C]//Siyka Zlatanova. Database and Expert Systems Applications. London England: 11th International Workshop on Database and Expert Systems Application, Proceedings, 2000: 913 - 919

[2] 袁正刚. 工程 CAD中拓扑建模与工程对象几何模型的研究[D]. 北京:中国科学院计算所, 2000
Yuan Zhenggang. Research of topological modeling and engineering objects modeling in engineering CAD[D]. Beijing: Insitute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences, 2000 (in Chinese)

[3] Siyka Zlatanova, Alias Abdul Rahman, Wenzhong Shi. Topological models and frameworks for 3D spatial objects[C]//E-Grunsky. Computers & Geosciences. British: Elsevier, 2003: 422 - 423