

基于类定义的室内设计 CAD 系统的设计与开发

赫荣威 孙悦红 黄家琳 刘文广 郝建强 司惠琳

(北京工商大学自控系, 北京 100037)

摘要 介绍了基于类定义的“室内设计 CAD 系统”的主要设计思想、技术路线和系统的主要功能特点, 论述了 CAD 系统中采用面向对象设计思想和 ARX 编程技术以及专业对象按类进行定义的方法和优点. 该系统是利用 AutoCAD R14 开发平台和 ObjectARX 开发系统进行设计和开发的, 因此具有 CAD 的基本功能、室内设计功能(包括门设计、窗设计、墙设计、屋顶设计和楼梯设计等)和图库导航功能. 该系统采用面向对象的分析设计方法, 并利用 AutoCAD 核心数据库的开放结构和 ObjectARX 提供的基类及类的继承、派生机制, 对包括门、窗、墙、屋顶、楼梯等主要专业对象均按类方式进行定义, 使得现场生成的门、窗、墙、屋顶、楼梯等实体的结构和样式可以按照用户指定的属性和参数, 动态地进行生成和变化, 从而可以更好地满足用户的需要, 大大提高了系统的灵活性.

关键词 面向对象 室内设计 类定义 ObjectARX CAD

中图分类号: TP391.72 文献标识码: B 文章编号: 1006-8961(2000)06-0510-06

Class-Based Interior Design CAD System's Development

HAO Rong-wei, SUN Yue-hong, HUANG Jia-ling,

LIU Wen-guang, HAO Jian-qiang, SI Hui-ling

(Department of Automation Engineering, Beijing Technology and Business University, Beijing 100037)

Abstract This paper introduces the principle, design method and main characteristics of class-based interior design CAD system. How to use ObjectARX to derive the classes a base class is discussed. The system was developed based on AutoCAD R14. It involves interior design functions (door design, window design, wall design, roof design, stair design and so on) and a block-database navigator. It can work in conjunction with AutoCAD's native functions. AutoCAD programming environment provides an object-oriented C++ application interface that enables developers to use, customize, and extend AutoCAD. We take advantage of AutoCAD's open architecture and ObjectARX to customize the main object's structure and styles. The system can dynamically create versatile objects and change the objects to satisfy the needs of users.

Keywords Object-oriented, Interior design, Class-based, ObjectARX, CAD

0 引言

《室内设计 CAD 系统》是为满足现代装饰装修工程的实际需要而开发的计算机辅助设计系统. 我们从 1997 年开始, 利用 AutoCAD R14 for windows95/NT 最新开发平台, 以面向对象开发系统 ObjectARX 为基础, 使用 Visual C++ 5.0 程序设计语言和面向对象技术, 对基于类定义的《室内设计 CAD 系统》进行了设计开发. 经过两年的研究和实践, 这一系统已基本达到预想目标, 取得了比较满意的成果.

1 开发平台

在全球 PC 级 CAD 用户中, Autodesk 公司的软件开发平台 AutoCAD 占有优势. 我国很多行业的 CAD 开发平台大部分使用的也是 Autodesk 公司的产品. 经过十几年的升级和改进, AutoCAD 在精度、功能和性能上已达到了令用户满意的程度, AutoCAD 及其图形格式已成为事实上的业界标准. 从 AutoCAD R13 for windows 开始, AutoCAD 已与 windows 融合在一起, 继而该公司于 1997 年

5月推出了 AutoCAD R14, 使得 AutoCAD 的功能和性能更加完善。

2 面向对象分析设计、类定义与 ARX

2.1 面向对象分析设计

迄今为止, 在 CAD 的设计开发中, 大都采用结构化分析设计方法. 这种方法基本上是基于瀑布模型的, 已在软件工程中得到了广泛的应用. 但由于结构化分析设计方法的本质是面向过程的, 因此用户需求的变化往往会对整个系统的结构、设计、程序和文档产生较大的影响, 而且系统的稳定性、可修改性和可重用性不高。

针对结构化分析设计方法的不足, 近年来逐渐兴起了面向对象的分析设计方法. 这种方法的基本原则是按照人们习惯的思维方式建立问题域的模型, 以设计开发出尽量直观、自然地表现求解方法的软件系统. 该方法以“对象”(Object)为核心, 而“对象”是系统中基本运行或处理的单位, 是客观世界中的具有特殊属性(数据)和行为方式(方法)的实体. 分析设计时, 首先对这些实体建立起抽象的数据类型(亦即对象), 它由数据结构和与其相关联的函数(方法)组成; 然后通过这些函数(方法)对数据结构进行操作。

面向对象的分析设计具有多态性、继承性和数据封装性, 因此采用面向对象技术设计的系统功能强、通用性好, 且可靠性和效率高, 具有明显的优越性和良好的发展前景, 已越来越为程序设计人员所接受和重视。

2.2 类定义

在面向对象的分析设计中, 把对象划分为各种对象类(Class). 这种“类”是对具有相同属性和行为的一个或多个对象的描述. 在一个类中, 每个对象都是类的实例(Instance). 由此可见, “类”是面向对象的基础, 因此类的定义和组织就成了程序设计的关键. 在 C++ 中引入了“类”的概念, 利用 C++ 类声明可以定义一类全新的对象——类对象. 该类对象具有指明的属性, 同时也定义了类对象的内容、行为和方法. 该类对象的方法往往以属于该类的成员函数的形式给出. 通过内在的继承机制, 用户可以从预先建立的类开始, 创建新的对象类. 这种新的类对象根据定义可以与其它类很相似, 但具有指定的变化和进一步的扩充。

2.3 ObjectARX

在 AutoCAD 的开发设计中, 多年来使用的 API(应用程序接口)是解释型的 AutoLISP 和过程

型的 ADS, 而且采用的是结构化分析设计方法. 1996 年底, Autodesk 公司推出了 AutoCAD R13C4 for windows 95/NT, 首次在 AutoCAD 中引入了面向对象开发技术, 推出了基于类定义的 CAD 开发系统 ARX(), 这是为了把 AutoCAD 的开发从传统的过程编程转向面向对象编程的初步尝试. 继而, 该公司于 1997 年 5 月推出的 AutoCAD R14 和第二代面向对象开发工具 ObjectARX 更是把这一技术推向了一个新的高度. 从此, AutoCAD 的开发有了一个全新的开发方法、开发环境和开发工具。

ObjectARX 是基于 AutoCAD R14 的应用程序接口. 它使用 C++ 编程环境, 且包含一组动态连接库(DLL), 这些库与 AutoCAD 在同一地址空间内运行, 能直接利用 AutoCAD 核心数据结构和代码, 并对 AutoCAD 作直接的函数调用. 库中包含一组通用工具以及预先定义的 220 个类和 3000 个函数. 用户在开发 AutoCAD 时可以充分利用它们和 AutoCAD 的开放结构进行如下工作: ① 直接访问 AutoCAD 数据库结构、图形系统以及 CAD 几何造型核心; ② 对 ARX 提供的类进行继承和派生; ③ 在已存在的类中实时加入机能; ④ 扩充 AutoCAD 协议; ⑤ 创建新的 AutoCAD 命令等. 此外, ARX 库还被用作连接 ADS 开发系统和 AutoLISP 应用程序的接口, 可与 Windows 进行系统集成。

ObjectARX 库主要由下列类对象组成:

(1) AcRx 库(RXAPI.LIB): 它可为动态链接库(DLL)的初始化和链接, 同时为类的实时登记和标识提供系统级类, 该库基类是 AcRxObject.

(2) AcEd 库(ACEDAPI.LIB): 是 AutoCAD 编辑器的简称, 它为 AutoCAD 图形编辑器提供核心接口, 以及使应用程序可以监视某些特定事件。

(3) AcDb 库(ACAD.LIB): 是 AutoCAD 数据库的简称, 它为访问 AutoCAD 数据库提供直接接口。

(4) AcGi 库(ACGIAPI.LIB): 是 AutoCAD 图形接口的简称, 用来绘制 AutoCAD 实体, 并提供窗口和视口自定义对象的方法。

(5) AcGe 库(LIBACGE.LIB): 它提供了矢量、指针、复数等实用类, 用以完成通常的二维、三维几何图形操作. 它也提供了简单的几何图形对象, 如点、曲线、面等。

3 系统的设计方针

《室内设计 CAD 系统》完全是基于 ARX 进行

设计的,为使系统具有更强的功能和灵活性,我们在展开系统的设计与实现时,采取了如下的基本方针:

(1) 整个系统以 ARX 为基础,以面向对象方式进行设计;

(2) 将室内装饰的专业设计融合在 AutoCAD R14 通用的强大功能之中,以便充分利用 AutoCAD R14 的资源,从而使室内设计 CAD 系统的功能更加完备;

(3) 系统中对专业对象的定义采用类定义、块定义和用户自定义并存的方式,即室内装饰设计中的主要专业对象如门、窗、墙、楼梯、屋顶等均按类方式进行定义;家具、灯具等陈设性实体则采用块定义方式;在对门、窗等专业对象按类进行定义的同时,也提供门、窗等对象按块定义的图库供用户选择;对一些专业对象的特殊需要,系统还提供用户对专业对象的自定义方式。

根据上述设计方针设计完成的系统,不但具有一般室内装饰 CAD 系统(如德赛、圆方等)的基本功能,而且具有智能化、参数化设计的特色。

4 《室内设计 CAD 系统》的总体结构与功能

《室内设计 CAD 系统》定位于普通 PC 机,为了达到比较满意的速度,其基本硬件的配置应在 Pentium 100、32M 内存、2.5G 硬盘、1024×768 彩色显示器等以上。

《室内设计 CAD 系统》采用了室内设计功能与 AutoCAD R14 的基本功能无缝结合的方式,室内设计的专业功能完全自行设计开发。该系统的总体结构如图 1 所示。

该系统室内设计功能包括门、窗、墙、楼梯、屋顶、灯、柱子、天花板等的设计。专业对象的定义采用类定义、块定义和用户自定义并存的方式,其中门、窗、墙、楼梯、屋顶等均按类进行定义;灯、柱子、天花板等则采用块定义方式;其它一些陈设性和装饰性用品,如家具、厨房卫生设备、灯饰、家用电器等也采用块定义。为了增强系统的灵活性,在对门、窗等进行类定义的同时也提供了块定义的方式。按块定义的对象图形是预先绘制的,并存放在相应的图库中,用户可利用系统提供的图库导航功能,根据需要实时地从丰富的图库中分门别类地选取所需要的图形。

为了满足用户的特殊需要,系统还提供了自定

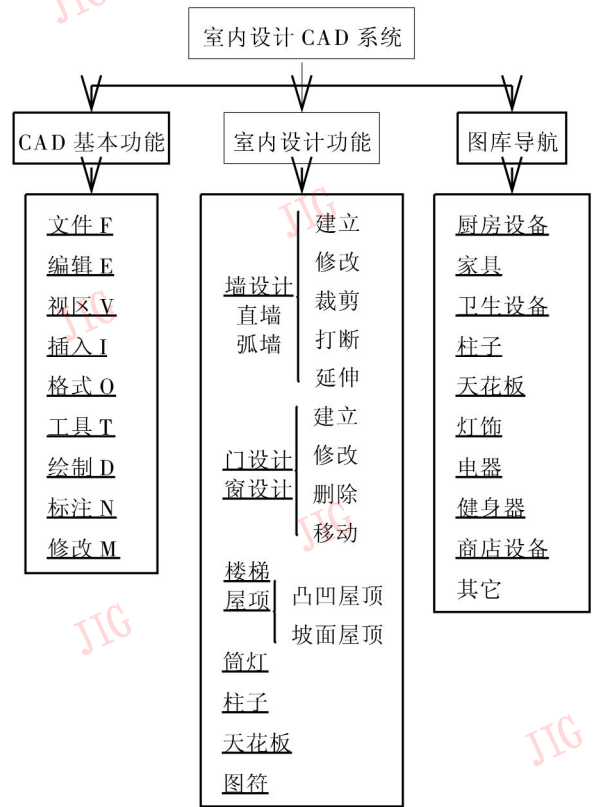


图 1 《室内设计 CAD 系统》总体结构

义方式,即当类定义和块定义都不能满足需要时,用户可使用系统的各种制图功能根据需要并按常规做法自行定义。对于用户来说,类定义、块定义和自定义的对象图形在处理上是完全相同的。

该系统的数据库采用 AutoCAD 数据库,这使得系统可以利用 AcDb 提供的类来直接访问 AutoCAD 数据库中的结构,在定义专业对象和直线、圆、圆弧等图元的同时,通过协议扩展增加 AutoCAD 对现有对象和图元所支持的能力。其数据库对象包括线段、圆、实体等图形对象和符号表、字典、层、线型等非图形(Nongraphical)对象。

该系统采用的 AutoCAD 数据库组织结构如图 2 所示。

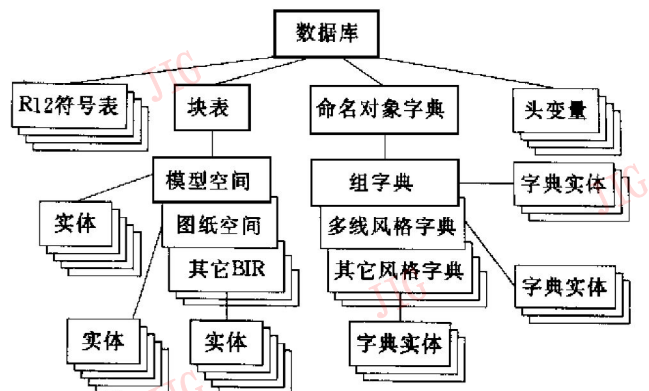


图 2 AutoCAD数据库组织结构

5 系统中专业对象定义方式

《室内设计 CAD 系统》完全是以 AutoCAD R14 和 ObjectARX 为基础设计的. 主要专业对象, 如门、窗、墙、楼梯、屋顶等都是按类进行定义和描述的, 这就使得通常的直线、圆弧、平面等几何元素的

组合变成专业特定的设计模型, 并使其具有相应的行为特性和使用规则. 这样, 现实室内设计中的对象, 如门、窗、墙等就成为 AutoCAD 图形数据库中的一级对象, 从而用 AutoCAD 的编辑命令就能够直接对其进行操作. 这些专业对象也就具有灵活多变的特性和智能化的基因. 这些专业对象的对象模型和类定义方法如图 3 所示.

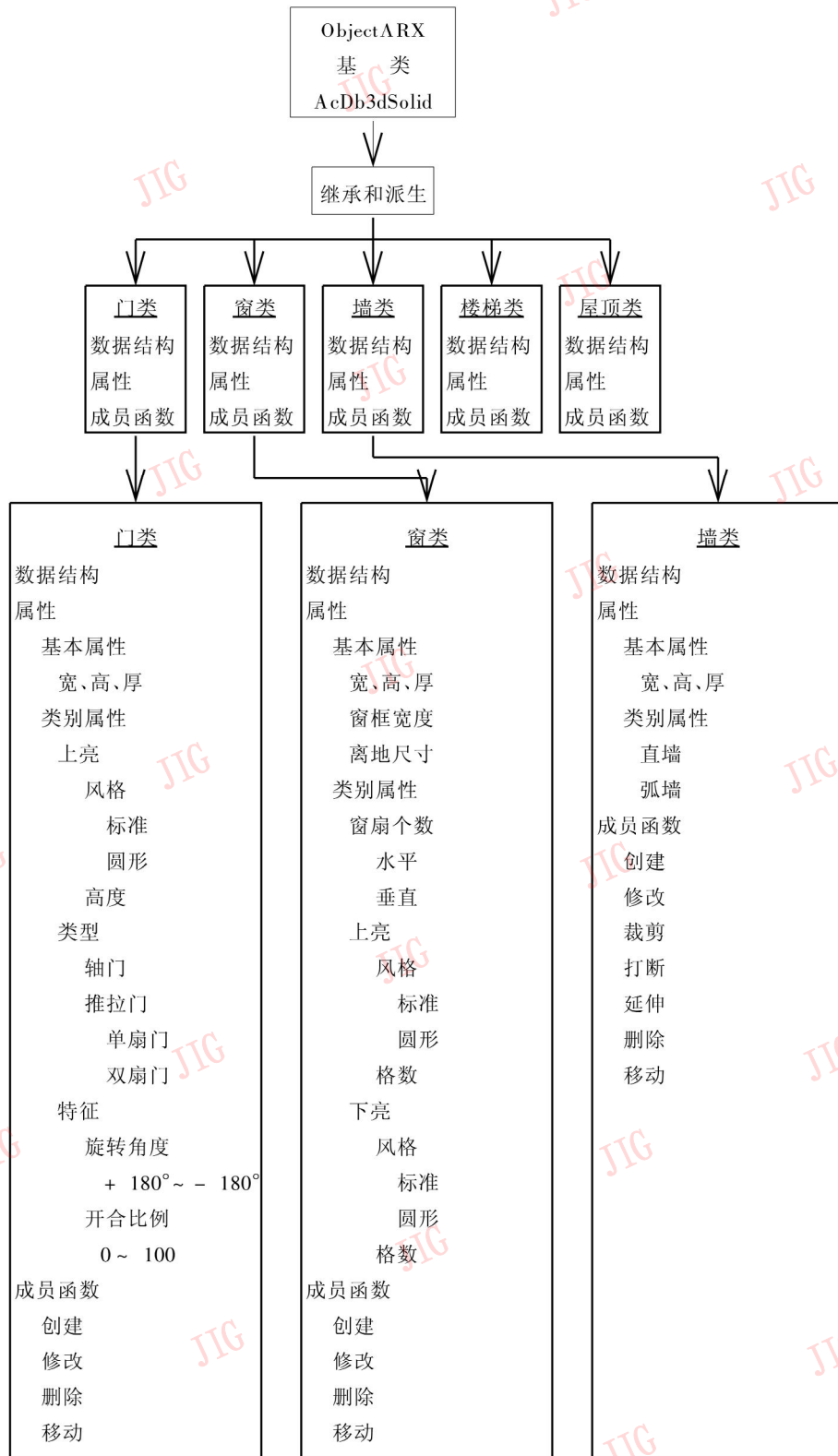


图 3 专业对象的对象模型和类定义方法

对上述专业对象按类进行定义,可采取下列步骤:

(1) 基类的选择 为了定义门类、窗类和墙类,需要在 ObjectARX 类库中确定适当的基类,经过分析选择 AcDb3dSolid 类作为基类。

(2) 专业对象类的派生和定义 由 AcDb3dSolid 类分别派生出门类、窗类、墙类等,并分别对这些类对象的数据结构、数据成员或属性等进行实际定义。

数据结构和属性的定义需要对各类的实体进行抽象,即抽取能表现该类主要性质的共同结构和属性,以确定数据参数和变化范围,从而可以对该类进行动态操作和生成。如本系统定义的门类属性有:基本属性(宽、高、厚)、类别属性(上亮风格,上亮高度,类型,特征等)。用户通过动态地指定上述属性和参数,就可以得到不同风格(标准或圆形)、不同类型(如轴门或推拉门、单扇门或双扇门)、以及不同特征(如轴门的旋转角度或推拉门的开合比例)等各种不同的门。同样,通过动态地指定窗类的上述属性和参数,就可以得到不同风格(标准或圆形)、不同类型(水平格数、竖直格数、上下亮格数或高度)及不同单元比例的各种各样的窗。

(3) 设计类的成员函数 类的成员函数,是根据该类的数据结构,按照用户对各个属性的选择和指定,实时生成该类一个特定实体的一系列操作。对于室内设计领域的专业对象来说,由于其立体造型十分复杂,根据用户对属性或参数的指定,动态地生成相应门类、窗类或墙类实体的操作就非常麻烦,因此,这些函数和相应算法的设计是相当困难的。

(4) 重载函数 为了使以 AcDb3dSolid 类为基类派生出的门类、窗类、墙类等对象能够成为 AutoCAD 的对象,并使 AutoCAD 能自如地控制它们,就必须重载以下函数: worldDraw(), dwgInFields(), dwgOutFields(), dxfInFields(), dxfOutFields(), transformBy() 等。

在定义了上述各类的数据结构、属性、成员函数以及重载了上述必要的函数后,在系统运行时,用户可以在相应的对话框中对这些专业对象的各种属性、风格和参数进行定义和设置,系统将根据用户的设置,现场自动生成相应的门、窗、墙、楼梯或屋顶,并根据用户的指示加到指定的位置上。由于这些专业对象本身是一个实体,所以它可以直接利用 AcDb3dSolid 类的 WorldDraw() 函数,用户可随时对其进行修改、删除、移动、旋转及其它各种操作,凡

是 AutoCAD 提供的命令和选项,都可以施用于这些对象。而且由于这些类对象是由 AcDb3dSolid 类派生出的,也就不存在消隐和渲染等问题。

6 《室内设计 CAD 系统》的特点

(1) 由于整个系统以 ARX 为基础,采用面向对象技术进行设计,而且室内装饰整修工程设计中经常使用的主要专业对象,如门、窗、墙、楼梯、屋顶等均按类方式进行定义,且充分利用了 ObjectARX 所提供的类库、函数和方法,还能利用 ObjectARX 的 AcDb (AutoCAD 数据库)提供的类来直接访问 AutoCAD 数据库中的结构,并能使用符号表、字典等对整个系统的图形进行管理,因此提高了系统的功能和灵活性。

(2) 专业对象的样式和结构可随意改变

在以往的室内装饰设计中,专业对象如门窗等都是以块定义的方式进行的。这样,一种样式的门窗就必须有一个图块来对应,且这些图块无法进行实时修改和更新,也不能实现图形局部的变化。

在本系统中,对门窗等专业对象按类定义方式确定的类型、风格和形状,可以通过交互式对话框按照用户要求的参数随机变化,因而大大提高了系统的灵活性。同时,由于按类定义的专业对象,如门、窗、墙等,原则上是不需要预先制作和访问庞大的图库,从而可以大大降低开发费用,缩短开发周期,提高系统的运行效率。

(3) 对象之间可进行关联

在室内设计 CAD 系统中,门、窗与墙之间,空调、挂钟、绘画等墙上用品与墙之间,计算机、台灯、电话等与桌子之间,都存在着相互关联的关系。如加入门窗需要在墙上开出相应的墙洞,若移动、旋转墙,门窗也应跟着移动、旋转到相应的位置,门窗经过修改、移动后,墙上的墙洞也要随之变化或复原;同样,墙或桌子移动或删除时,相关联的空调、挂钟、绘画、计算机、台灯、电话等亦应随之移动或删除。

在以往利用 Autolisp 与 ADS 编写的室内设计 CAD 系统中是无法直接实现这种关联关系的。为了解决这一问题,就必须编写相应的程序形成添加命令,只有使用添加的命令才能表面上实现这种关联关系,而 AutoCAD 的 MOVE、RORATE 等命令是不能直接使用的。

本系统利用 ObjectARX 提供的 Reactor 类定

义了关联对象的 ID 号, 在程序中定义并重载 modified()、erased()、copied() 等响应函数, 通过 Reactor 类我们可以监控某个对象, 在对对象进行修改、删除、拷贝等操作时可发送消息, 并进行响应. 从而实现两个或多个对象间真正意义上的关联. 这样, 当墙移动或删除时, 门、窗也随着移动或删除; 门、窗移走, 墙也会恢复原状等.

(4) 实现门窗拖曳功能

为实现门窗拖曳, 使用了 Asdkmwindow 类和 Asdkmwindowjig 类, 它们分别由 AcDbEntity 类和 AcEdJig 类派生, 通过重载它的 WorldDraw() 函数和 AcEdJig 类, 来显示在拖曳时的方框和尺寸以及获取鼠标点的位置, 从而实现拖曳的机制, 动态地把握门窗在墙中的位置, 方便用户的操作.

(5) 具有一定的智能化水平

由于在系统设计时, 尽量发挥了面向对象设计和类定义的优点, 因而使得系统具有一定的智能化水平. 如上述的门窗等对象, 可按照用户指定的参数动态灵活地变化, 实现对象间的自动关联等. 特别是本系统在加入门窗时, 可以自动判断自身所处位置, 不至于安装在不应该安装的地方, 避免了重复开门窗的现象.

(6) 速度快、灵活性强、保密性好、便于扩充

如上所述, ObjectARX 的应用程序是 DLL, 因此采用 ObjectARX 可以获得比 AutoLISP 和 ADS 更高的运行效率和速度, 而且类定义的数据封装性也增加了系统的保密性和可靠性. 通过 ObjectARX 内在的继承和派生机制, 用户可以从 ObjectARX 提供的类和函数中继承并创建新的对象类, 这就提供了一种可以共享和复用代码的方法, 并使系统的功能扩充变得更加容易.

7 结束语

采用面向对象技术进行 CAD 的设计开发, 是目前国内外都在探讨的课题. 鉴于 CAD 专业对象的复杂性和多样性, 到目前为止, 还没有看到有关对 CAD 各类专业对象全面采用类定义的报道. 我们设计开发的基于类定义的《室内设计 CAD 系统》, 是我们利用面向对象技术和 Autodesk 公司最新开发的 ObjectARX 系统进行建筑和室内装饰 CAD 系统的设计和开发的初步尝试. 限于时间和经验, 这一系统还有许多不足, 有待进一步完善和改进. 如门窗等专业对象的类型还需要进一步丰富, 生成这些类对象的算法也需要进一

步研究和改进, 在智能化设计上需要进一步深入等. 这些, 我们将在今后研究开发中逐步加以解决.

经过近两年的设计开发实践证明, 基于面向对象技术的 CAD 系统不管在功能和性能方面, 都比基于传统技术的系统具有明显的优势. 尤其是利用 ObjectARX, 使得开展 CAD 的参数化、智能化设计工作成为可能, 因此采用面向对象技术和 ObjectARX 开发系统进行 CAD 的二次开发具有广阔的发展前景, 是今后 CAD 系统设计的方向. 我们将和国内外同行一起, 进一步深入地研究和探索, 为面向对象技术在 CAD 系统的真正全面应用而努力.

参考文献

- 1 郑人杰等著. 实用软件工程. 北京: 清华大学出版社, 1997.
- 2 ObjectARX Developer's Guide Autodesk, 1997年.
- 3 ObjectARX Reference Manual Autodesk, 1997年.
- 4 Coad P, Yourdon E. 著, 邵维忠等译, 面向对象的设计. 北京: 北京大学出版社, 1994. 11.



赫荣威 1942年生, 北京工商大学副教授. 1982年获北京师范大学电子学系计算机专业硕士学位. 1989年~1993年, 在东京大学生产技术研究所任客座研究员, 从事数字图象处理方面的研究. 主要从事室内设计 CAD、图象处理、模式识别、CAI、网络和监控系统的研究与开发.



孙悦红 1985年毕业于东北工学院, 获硕士学位. 1996年调入北京轻工业学院, 现主要从事有关 AutoCAD 的应用开发研究.



黄家琳 1944年生, 毕业于天津大学仪器仪表专业, 北京工商大学副教授. 主要研究领域为多媒体数据库、数字图象处理技术. 目前致力于文物图象数字化技术. 在各种刊物上发表文章数篇.

刘文广 1974年生, 毕业于北京轻工业学院计算机专业, 北京工商大学助教.

郝建强 1962年生, 毕业于西北大学 CAD 专业, 获硕士学位, 北京工商大学讲师.

司惠琳 1972年生, 毕业于北京轻工业学院计算机系, 获硕士学位, 北京工商大学助教.