

# 明清古建筑构件参数化信息模型实现技术研究

王 茹<sup>1</sup>, 孙卫新<sup>2</sup>, 张 祥<sup>1</sup>

(1. 西安建筑科技大学土木工程学院, 陕西 西安 710055; 2. 广联达软件股份有限公司, 北京 100193)

**摘 要:** 相对于我国古代先进的建筑技术成就, 我国在古建筑信息化方面还比较落后, 急需利用现代信息技术对古建筑保护和开发进行探索和研究. BIM 技术的引入为古建筑的保护研究提供了新的途径, 在深入研究古建筑构件构造特点、建造规律、装饰彩绘以及历史文化等的基础上, 研发了古建筑信息模型设计平台. 该平台不仅为古建筑构件信息模型库的建立和管理提供了基础平台, 而且还可以为古建筑的修缮和复原、古建筑的研究以及古建筑虚拟现实系统等提供精确的信息.

**关键词:** BIM; 中国古建筑; 古建筑信息模型; ACBIM; 构件库

**中图分类号:** TP 391.72

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1006-7930(2013)04-0479-08

古建筑不仅有很高的历史价值、艺术价值, 也有很高的科学价值, 是研究历史科学的实物例证, 也是新建筑设计和新艺术创作的重要借鉴. 但是随着时间的流逝, 现存的古建筑受到不同程度的损坏. 因此, 通过对古建筑建模重现古建筑原貌成为研究的热点之一. 参数化设计方法是一种采用尺寸驱动的方式改变几何约束构成的几何模型, 在求解几何约束模型时顺序求解的设计方法<sup>[1]</sup>. 文献[2]分析和阐述了我国古建筑各个部分的分解方法和参数设置. 文献[3]提出了一种古建筑参数化建模方法. 文献[4]以清代官式建筑为例, 采用 GDL 语言编程实现了古建筑参数化三维模型的生成. 随着 BIM 技术的不断发展, 古建筑领域也慢慢开始应用 BIM 技术. 文献[5]中介绍了 BIM 技术应用于古建筑研究. 文献[6]介绍了 BIM 软件 Revit Architecture 在古建筑参数化建模中的应用. 文献[7]将 BIM 应用于鸡足山佛塔寺项目, 给设计和施工带来了很大的方便. 以上研究较好的实现了古建筑的工程模型或表面模型的三维重建, 但是信息技术的快速发展, 为古建筑模型及构件添加必要的信息, 对古建筑的信息化保护、修复有很重要的意义.

本文基于国家自然科学基金项目“基于 BIM 的明清古建筑数字化保护与修复方法研究”为背景开发了明清古建筑信息模型设计平台, 主界面如图 1 所示. 本系统为古建筑构件参数化信息模型库的建立和管理提供了基础平台, 以信息模型的方式存储现场测量的数据, 支持信息的扩展功能. 理论上可以包含有关古建筑的所有信息, 既可以为古建筑的修缮和复原提供准确的信息, 又可以为古建筑的研究提供历史资料. 利用该古建构件信息模型建立的古建筑虚拟现实系统, 可以展示更多的关



图 1 明清古建筑信息模型设计平台主界面

Fig. 1 The main interface of the information model design platform for ancient architecture during Ming and Qing Dynasties

收稿日期: 2012-12-13 修改稿日期: 2013-07-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(51278400); 陕西省教育厅自然科学研究专项项目(11JK0944); 教育部虚拟现实开放实验室项目(MEOBNUEVRA200902)

作者简介: 王 茹(1968-), 女, 江苏丰县人, 教授, 博士, 主要从事 BIM、古建筑保护、图形图像处理与 CAD 技术等方面研究.

于古建筑的历史人文信息。

## 1 古建筑构件信息模型设计平台的系统框架

典型明清古建筑构件参数化信息模型的生成过程如图 2 所示。古建筑构件参数化信息模型包含了古建筑构件的几何信息、构造信息、材质信息、物理信息、油漆彩绘和说明备注等方面的信息,它可以实现信息的扩展功能,并将古建筑的所有信息都囊括到一个三维模型中,不仅包括模型的几何信息,还包括古建筑的建造规律、维修管理等信息。本系统的特点如下:

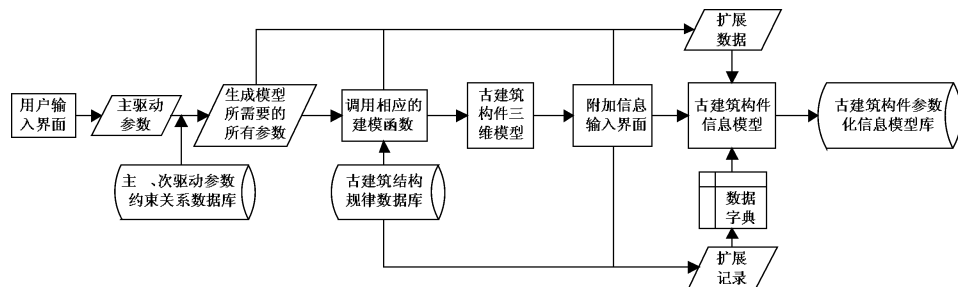


图 2 古建筑构件信息模型设计平台的系统框架

Fig. 2 System Framework of the information model design platform for ancient architecture

(1)研究了典型明清古建筑的组成体系和构成方式。我国明清古建筑具有模数制和定型化的特点,建筑形制分大小式,大式以斗口为模数,小式以檐柱径为模数。从各构件的尺寸到各部位的尺寸取值都与模数有着比例和计算关系,从构件到局部造型再到整体,相互间都有着构成的层次性,有着密切的内在关系。古建筑构件数量巨大,为了便于对古建筑构件进行有效的管理,本研究将典型明清古建筑构件按基座类、柱类、围护类、斗拱类、梁架类、屋面类六类进行归类,从而方便了系统菜单的建立。

(2)对部分主要古建筑构件进行了参数化建模研究。古建筑构件是最基本的古建筑元素,对各特定构件的基本几何参数、装配参数、特定形式参数等进行详细分析,总结归纳各个构件的关键参数,并与其他参数建立尺寸约束关系。在此基础上,建立古建筑构件约束关系数据库和结构规律数据库,建模函数调用构件约束关系和结构规律两个数据库中的数据建立古建筑构件三维模型。

(3)研究了向古建筑构件三维模型中添加附加信息的方法。古建筑构件的附加信息直接存储在图形数据库中,信息作为模型的一部分进行存储。信息的生命周期等于模型的生命周期,任何时候打开模型都能读取其上存储的信息。本研究利用扩展数据存储信息的字段信息,利用扩展字典存储信息值,从而实现信息存储的扩展性和可设定性,用户不仅可以向数据库中添加记录而且可以添加信息字段。

## 2 古建筑构件信息模型附加信息实现的关键技术

### 2.1 图形数据库实现

本系统建立在 AutoCAD 图形数据库之上,图形数据库结构如图 3 所示。根据图形数据库的结构可知,给实体追加附加信息可以通过扩展数据和扩展字典来实现。扩展数据能被添加到任何实体上,它由一个结果缓冲区链表组成,并且随图形一起被保存。但是,每个实体中附加的扩展数据不能超过 16K<sup>[10]</sup>。扩展字典也是隶属于特定的实体,但是,每一个实体只能包含一个扩展字典。它为实体保存自定义数据提供了一种途径。扩展记录与扩展数据类似,但是其数据存储量和能够存储的数据类型都要多于扩展数据。扩展记录可以保存到实体的扩展字典中。

任何一个应用程序都能将扩展数据附加到实体上,因此所有的扩展数据都需要一个唯一的应用程序名称,该名称不能超过 31 个字符。为了注册一个应用程序,可以使用全局函数 `acdbRegApp()`。AcDbObject 类的 `setXData` 函数用于设置一个对象的扩展数据,其定义为:

```
Virtual Acad::ErrorStatus AcDbObject::setXData(const resbuf * xdata);
```

AcDbObject 类的 `xData()` 函数用于获取一个对象的扩展数据,其定义为:

Virtual resbuf \* AcDbObject::xData(const char \* regappName==NULL) const;

要利用扩展字典保存与实体关联的数据,可以使用 createExtensionDictionary()函数为实体建立扩展字典.如果实体已经包含扩展字典,该函数的调用不会产生影响. AcDbDictionary 对象的 setAt()函数可以为字典添加一条扩展记录.如果添加了扩展记录,就可以利用 acutBuildList()函数构建一个保存数据的结果缓冲区链表,然后使用 setFromRbChain()函数将结果缓冲区链表添加到扩展记录中,这样就把数据附加到实体上了.如果要访问扩展字典中的扩展记录,可以使用 extensionDictionary()函数获得实体的扩展字典,然后通过字典的 getAt()函数得到指定的扩展记录,使用 AcDbXrecord 类的 rbChain()函数得到保存数据的结果缓冲区链表,遍历该链表可以获得保存的数据.相关函数的定义如下:

```
Acad::ErrorStatus createExtensionDictionary();
Acad::ErrorStatus setAt(const char * srchKey,AcDbObject * newValue,AcDbObjectId &retObjId);
AcDbObjectId extensionDictionary() const;
Acad::ErrorStatus AcDbXrecord::setFromRbChain(resbuf& pRb,AcDbDatabase * auxDb=NULL);
Acad::ErrorStatus AcDbXrecord::rbChain(resbuf * * ppRb,AcDbDatabase * auxDb=NULL) const;
```

2.2 扩展数据实现

本系统利用扩展数据存储古建筑构件信息选项卡和每个选项卡中的字段信息,如图 4 所示.以斗棋为例,其信息选项卡包括:构造信息、油漆彩绘信息、材质信息、物理信息、说明备注信息.构造信息选项卡下的字段信息包括:构造层、结构名称、安装信息、数量;油漆彩绘信息、材质信息、物理信息和说明备注信息选项卡下的信息字段都包括信息类型和信息值两个字段.

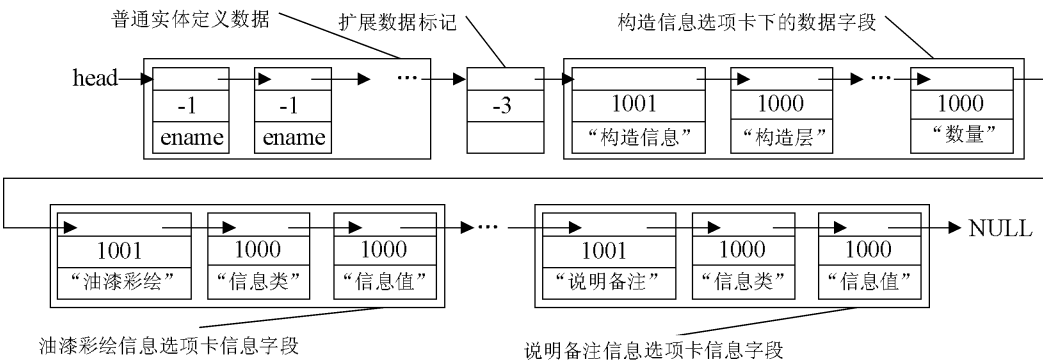


图 4 扩展数据数据结构

Fig. 4 Extended data structure

对扩展数据操作的两个关键函数是添加扩展数据函数 AddXData()和读取扩展数据的函数 ReadXData().两个函数的实现如下:

```
BOOL AddXData(AcDbObjectId entId)
{
    .....
    //扩展数据内容
```

```

Struct resbuf * pRb;
Char appName[] = {"构造信息"}; //以构造信息选项卡作为应用程序名称
acdbRegApp("构造信息"); //注册应用程序
//创建结果缓冲区链表
pRb = acutBldList(AcDb::kDxfRegAppName, appName, //应用程序名称
AcDb::kDxfXdsciiString, "构造层", //构造层字段
AcDb::kDxfXdsciiString, "结构名称", //结构名称字段
AcDb::kDxfXdsciiString, "安装信息", //安装信息字段
AcDb::kDxfXdsciiString, "数量", //数量字段 RTNONE);
//向实体中添加扩展数据
AcDbEntity * pEnt;
acdbOpenAcDbEntity(pEnt, entId, AcDb::kForWrite);
struct resbuf * pTemp;
pTemp = pEnt->xData("构造信息");
if(pTemp != NULL) //如果已经包含名为“构造信息”的扩展数据,就不再添加新的扩展数据
    acutRelRb(pTemp);
Else
    pEnt->setXData(pRb);
    pEnt->close();
    acutRelRb(pRb);
    return ture;
}
struct resbuf * ReadXData(AcDbObjectId entId)
{
    .....
    //打开实体对象,查看是否包含扩展数据
    AcDbEntity * pEnt;
    acdbOpenAcDbEntity(pEnt, entId, AcDb::kForRead);
    struct resbuf * pRb;
    pRb = pEnt->xData("构造信息");
    pEnt->close();
    return pRb;
}

```

### 2.3 数据字典的实现

本系统利用扩展字典来存储古建筑构件的所有信息,以斗拱为例,其扩展字典数据结构如图 5 所示.对扩展字典操作函数也主要是向扩展字典中添加数据和读取扩展字典中的数据,即 AddXrecord()函数和 ReadXrecord()函数.其实现关键代码如下:

```

BOOL AddXrecord(AcDbObject entId)
{
    .....
    AcDbXrecord * pXrec = new AcDbXrecord; //创建一条扩展记录
    AcDbObject * pObj;
    AcDbObjectId dictObjId, xRecObjId;
    AcDbDictionary * pDict;

```

```

    Struct resbuf * pRb;
    acdbOpenObject(pObj, entId, AcDb::kForWrite); //以写的方式打开对象
    pObj->createExtensionDictionary(); //创建扩展字典
    pObj->close();
    acdbOpenObject(pDict, dictObjId, AcDb::kForWrite); //以写的方式打开扩展字典
    pDict->setAt("构造信息", pXrec, xRecObjId); //向扩展字典中添加一条记录
    pDict->close();
    //设置扩展记录的内容
    pRb=acutBuildList(AcDb::kDxfText, "第一层",
        AcDb::kDxfText, "坐斗",
        AcDb::kDxfText, "平板坊上,由暗销固定",
        AcDb::kDxfInt32, 1,
        .....
        AcDb::kDxfText, "第六层",
        AcDb::kDxfText, "井口坊",
        AcDb::kDxfText, "里拽厢栱之上",
        AcDb::kDxfInt32, 1,
        RTNONE)
    pXrec->setFromRbChain(* pRb); //将扩展记录添加到扩展字典中
    ..... //设置其他扩展记录的内容,并将其添加到扩展字典中
    pXrec->close();
    acutRelRb(pRb);
}

Struct resbuf * ReadXrecord(AcDbObjectId entId, const char * srchKey)
{
    .....
    //打开实体对象,获得扩展字典的 ObjectId
    AcDbEntity * pEnt;
    acdbOpenAcDbEntity(pEnt, entId, AcDb::kForRead);
    AcDbObjectId
    dictObjId=pEnt->extensionDictionary();
    pEnt->close();
    //打开扩展字典,获得与关键字 srchKey 关联的扩展记录
    AcDbDictionary * pDict;
    AcDbXrecord * pXrec;
    acdbOpenObject(pDict, dictObjId, AcDb::kForRead);
    pDict->getAt(srchKey, (AcDbObject * &)pXrec, AcDb::kForRead);
    pDict->close();
    //获得扩展记录的数据链表并关闭扩展数据对象
    Struct resbuf * pRb;
    pRb->rbChain(&pRb);
    pXrec->close();
    return pRb;
}

```

### 3 以斗拱为例论述古建筑构件信息模型的建立

斗拱在中国古建筑木构架体系中占有非常重要的地位,是中国古典建筑体系中重要且极具特色的建筑构件.经过几千年的发展历史,斗拱的形制以及各个横纵构件的尺寸日臻完善和规格化.清式斗拱种类繁多,构造复杂,但各类构件各自的尺寸以及构件之间的组合是十分有规律的.清《工程做法则例》对斗拱的形制、比例、细部规格做法等都有着十分明细精确的记载.本系统支持斗拱参数化建模的类型分为内檐斗拱和外檐斗拱两类,内檐斗拱主要包括襻间斗拱、品字科斗拱、隔架斗拱,外檐斗拱包括平身科斗拱、柱头科斗拱、角柱科斗拱、溜金科斗拱以及平座科斗拱.用户选择需要的一种斗拱类型单击,可弹出如图6所示的对话框,本系统创建斗拱的关键参数为斗口尺寸和斗拱样式,确定了这两个参数点击创建按钮即可创建斗拱模型如图4所示.

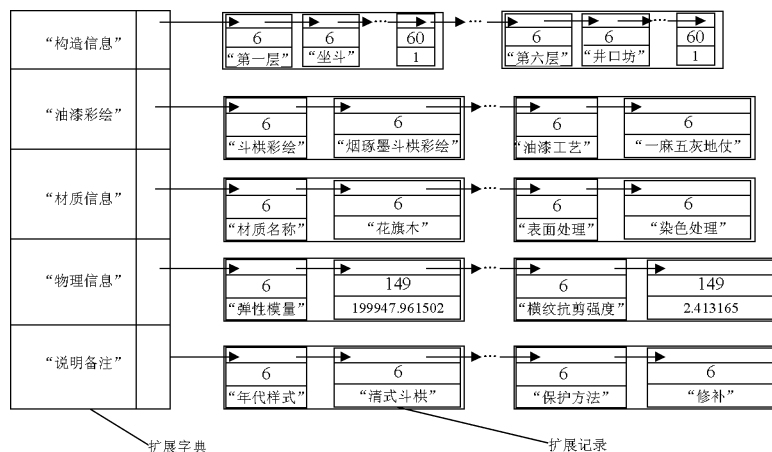


图5 扩展字典数据结构

Fig. 5 Extension dictionary data structure

本系统按构造信息、材质信息、物理信息、油漆彩绘信息和说明备注信息五个选项卡存储斗拱模型的信息如图7所示.在每个选项卡下,系统预先设置了一些信息,用户还可以根据需要定制每个选项卡下的信息.系统根据用户选择的斗口尺寸和斗拱样式,在构造信息选项卡下自动生成了斗拱的构造层次以及各个构件的安装位置信息如图8所示.点击列表中的构件可以弹出构件尺寸对话框,如图9所示.需要说明的是,该选项卡中的构造信息以及尺寸信息与斗拱模型建立一驱动关系,改变选项卡中的构造或是尺寸信息,都将会引起模型的相应改变,相反,改变模型中的尺寸或构造关系也会引起选项卡中相应项的改变.此功能可方便古建筑的测绘工作,可方便地将测绘数据转换成三维信息模型.

油漆彩绘信息选项卡下,设置了古建筑构件油漆和彩绘方面的信息.这些信息主要与斗拱信息模型的材质和贴图渲染建立驱动关系,如图10所示.古代斗拱的彩画主要包括斗拱部分和垫拱板两部分.根据用金量、退晕层次和等级规格的不同,斗拱部分可分为烟琢墨斗彩画、金琢墨斗彩画和浑金斗拱彩画三种;垫拱板部分可分为大木为和玺彩画、大木为玄子墨线大点金彩画和大木为高等苏式彩画三种.另外斗拱的画花花样如夔龙、墨线等也反映古建筑的类型及建筑等级,这些信息都可以在油漆彩绘信息选项卡中存储.

材质选项卡主要用于显示或输入与材质有关的信息,如图11所示.古代斗拱的主要用材是木材,如杉木、松木等针叶树材和柞木、香樟、楠木等阔叶树材.系统预先添加的材质信息主要包括经济技术成本和处理难度两个方面,经济成本主要指木材的市场价格、加工运输难度、施工难度、使用寿命和维修成本等方面的信息.

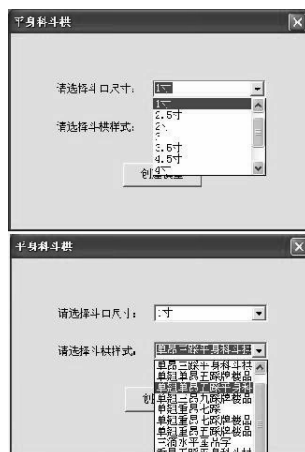


图6 创建斗拱的关键参数

Fig. 6 Create key parameters of bucket arches

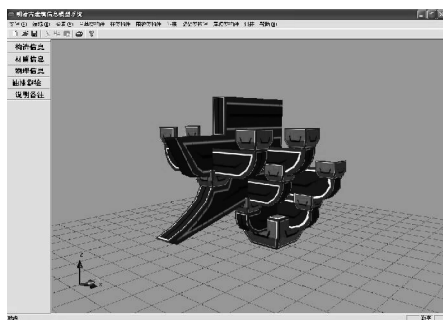


图7 斗拱信息模型

Fig. 7 The bucket arches information model

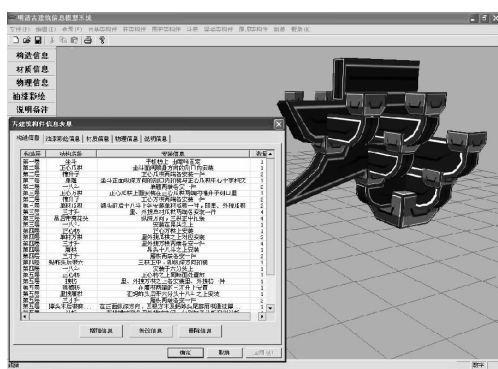


图8 斗拱的构造信息选项卡

Fig.8 Bucket arches' tectonic information tab

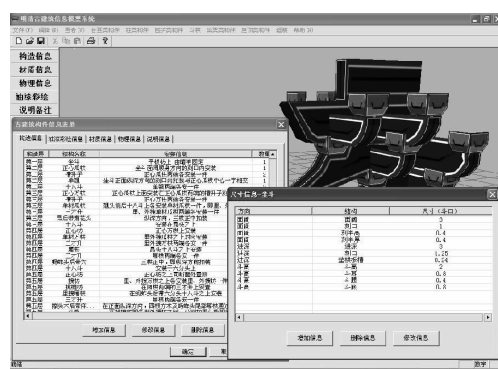


图9 坐斗尺寸信息

Fig.9 Sit bucket's size information

图12和图13为斗拱的物理信息选项卡和说明备注信息选项卡,物理信息主要是指材料的物理力学性质,这些信息可用于对斗拱进行力学计算与分析时使用.说明备注信息想模型中添加一些历史人文方面的信息.

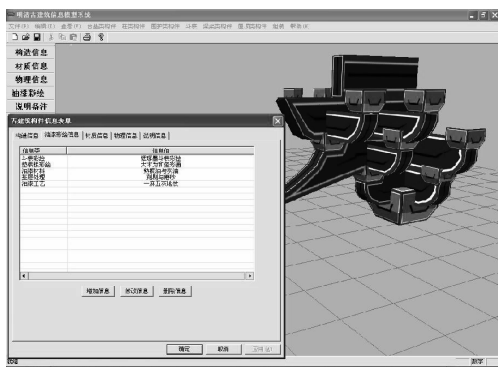


图10 油漆彩绘信息选项卡

Fig.10 Paint colored drawing information tab

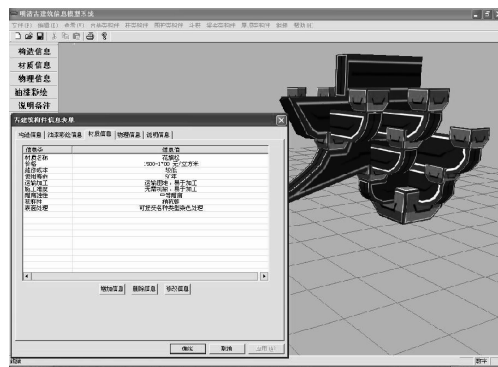


图11 材质信息选项卡

Fig.11 Material information tab

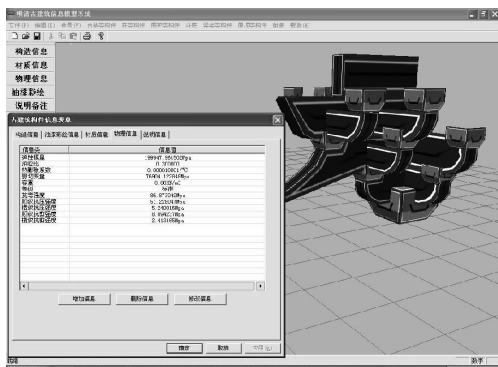


图12 物理信息选项卡

Fig.12 Physical information tab

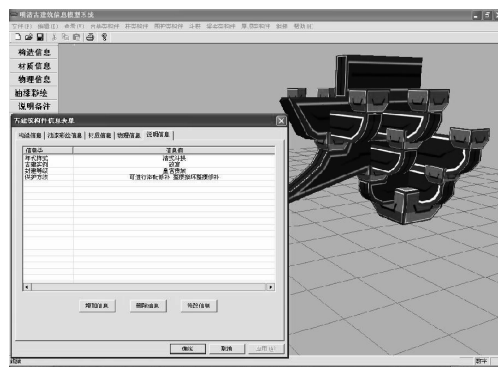


图13 说明备注信息选项卡

Fig.13 Illustration remarks information tab

## 4 结 论

本文通过对明清古建筑构造特征及其包含信息的分析实现了古建筑信息模型设计平台的开发,为古建筑构件参数化信息模型库的建立和管理提供了基础平台,同时方便将古建筑的测绘数据转换为三维模型.本系统支持信息的扩展功能,理论上可以包含有关古建筑的所有信息,既可以为古建筑的修缮和复原提供准确的信息,又可以为古建筑的研究提供历史资料.本系统模型的建立,为建立更为精细、真实、并附带大量历史人文信息的古建筑信息模型提供了良好的技术平台.

## 参考文献 References

- [1] YASSINE, ALI A. Parametric design adaptation for competitive products[J]. Journal of Intelligent Manufacturing, 2012, 23(3): 541-559.
- [2] 陈越. 中国古建筑参数化设计[D]. 重庆: 重庆大学, 2002.  
CHEN Yue. Parametric Design on the Ancient Build[D]. Chongqing: Chongqing University, 2002.
- [3] 王婉, 谢步瀛. 中国古代宫殿建筑参数化设计与三维建模[J]. 东华大学学报: 自然科学版, 2008, 34(3): 270-273  
WANG Wan, XIE Bu-ying. Parametric-Design and 3D-Modeling of Chinese Ancient Palace[J]. Journal of Donghua University: Natural Science, 2008, 34(3): 270-273.
- [4] 谭洁, 汪梦林, 王建华. 参数化设计在古建筑保护中的应用研究: 以清代官式建筑为例[J]. 四川建筑科学研究, 2010(3): 266-268.  
TAN Jie, WANG Meng-Lin, WANG Jian-hua. Research on the protected of ancient building by parametric design technology: Qing dynasty architecture for example[J]. Sichuan Institute of Building Research, 2010(3): 266-268.
- [5] 饶金通. 古建筑的三维数字化建模与虚拟仿真技术研究[D]. 厦门: 厦门大学, 2006.  
RAO Jin-tong. Research on 3D-Modeling Digital and virtual simulation technology of ancient building[D]. Xiamen: Xiamen University, 2006.
- [6] 苏兴权. 打造风格迥异建筑 BIM 突显细节与效率优势: [http://www.autodesk.com.cn/adsk/servlet/item? siteI](http://www.autodesk.com.cn/adsk/servlet/item?siteI).
- [7] MULLER P, ZENG Gang, WONKA P, et al. Image-based procedural modeling of facade[J]. ACM Trans on Graphics, 2007, 26(3): 85.
- [8] DU Zhi-qiang, LI De-ren, ZHU Yi-xuan, et al. 3D GIS-based reconstruction and visualization of timber-frame building cluster [J]. Journal of System Simulation, 2006, 18(7): 1184-1189.
- [9] 王茹. 古建筑数字化及三维建模关键技术研究[D]. 西安: 西北大学, 2010.  
WANG Ru. Research on Digital Technology and 3D-Modeling of Chinese Traditional[D]. Xi'an: Northwest University, 2010.
- [10] 李长勋. AutoCAD ObjectARX 程序开发技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005.  
LI Chang-xun. AutoCAD ObjectARX program development techniques[M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2005.

## Research on parametric information model of ancient buildings of Ming and Qing Dynasties

WANG Ru<sup>1</sup>, SUN Wei-xin<sup>2</sup>, ZHANG Xiang<sup>1</sup>

(1. School of Civil Engineering, Xi'an Univ of Arch & Tech, Xi'an 710055, China;  
2. Glodon Software Stock Joint Limitd Company, Beijing 100193, China)

**Abstract:** Compared with the achievement of advanced construction technology in ancient China, information technology of our country in the ancient buildings are still relatively backward. So it is needed to conduct some researches on protection and development on ancient buildings by using modern information technology. The introduction of BIM Technology provides a new approach for the protection study of ancient architecture. After some profound study on ancient architecture component construction feature, construction rules, decoration colored drawing, history and culture and so on, the author researches and develops an ancient architecture components information model design platform. This platform can either provide tool for the setting up and management of ancient architecture information model base, or provide accurate information for ancient architecture's repair and restoration, ancient architecture's study and ancient architecture virtual reality system. This article emphasizes the management methods and information store data base structure of ancient architecture components information under this platform.

**Key words:** BIM; Chinese ancient building; ancient building components information model; ACBIM; component library