

学校编码: 10384

分类号 _____ 密级 _____

学号: 200340011

UDC _____

廈門大學

碩 士 學 位 論 文

古建筑的三维数字化建模
与虚拟仿真技术研究

Research on Parametric 3D-Modeling and Virtual Reality
Of Chinese Traditional Building

饶金通

指导教师姓名: 董槐林 教授

专 业 名 称: 计算机应用技术

论文提交日期:

论文答辩时间:

学位授予日期:

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2006 年 5 月

厦门大学学位论文原创性声明

兹提交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学博硕士学位论文摘要库

摘要

随着计算机技术的广泛应用, 如何对古建筑进行数字化建模和虚拟仿真保护已经成为一个新的研究领域。目前的研究主要是针对实例的建模和动画演示, 如何对古建筑进行通用的参数化建模是当前重要的研究课题。

《营造法式》实现了中国古建筑设计标准的模数化, 提供了三维建模的参数化基础。通过对古建筑三维模型的特征进行研究, 以斗栱为代表, 结合基于构造过程的参数化设计方法, 系统地提出了对古建筑的参数化建模方法:

(1) 通过研究封闭多义线的构成原理, 提出封闭多义线的参数化定义和凸度值的自动计算, 从而实现了封闭多义线的自动生成。

(2) 通过分析齐次坐标系, 给出初等变换的参数化定义, 实现了变换矩阵的参数化定义;

(3) 通过分析扫描法实体的生成方法, 结合三维建模的过程, 实现了基本子实体生成的参数化定义;

(4) 结合几何构造法 (CSG) 建模理论和三维建模经验, 构造了古建筑三维模型的 CSG 树, 通过左序遍历算法, 给出三维模型生成过程的四元组参数化定义, 从而提出了适用于古建筑的参数化建模方法。

(5) 通过对实体扩展数据的研究和对 ESTL 文件的定义, 利用面向对象技术、ObjectARX 和 OpenGL 等开发技术, 研发了三维建模组件和虚拟仿真平台。

本文提出的参数化建模方法, 不仅适用于古建筑的三维建模, 也同样适用于现代建筑及其它专业领域的参数化三维建模。利用本文的方法, 可以进一步开展古建筑的 CAI、CAD 系统等应用性研究。

关键词: 中国古建筑; 参数化建模; 虚拟仿真

厦门大学博硕士学位论文摘要库

Abstract

Through wide application of computer technology, how to digitalize the Chinese traditional building and protect them by Virtual Reality (VR) has become a new research field. Recently our research concentrates on the modeling and animation for the instance of the Chinese traditional building. How to explore universal modeling system has been an important project.

Yingzao Fashi, a book published in the North Song Dynasty, has modularized the design standard of Chinese traditional building, and makes the research project possible. We investigated the feature of Chinese traditional building model (for example, Dougong model), and presented the approach of Parametric-Modeling for the Chinese traditional building with the Parametric-Design based on construction.

(1) Through researching the architectural principle of polyline, we proposed the Parametric-Definition of closed polyline and the evaluation of bugles, and therefore realized the automatic generation of the closed polyline.

(2) We proposed the Parametric-Definition of primary transform by analyzing homogeneous coordinate system, and thus obtained the Parametric-Definition of transform matrix.

(3) Through analyzing the generating methods of extrude-solid and considering the process of setting up the 3D-model, we gave the Parametric-Design of primary solid.

(4) After investigating the principle of Constructive Solid Geometry (CSG) and experience of the 3D-model construction, using the algorithm of Travel-Left-First, we presented the four-element Parametric-Definition of the generation, and finally obtained the Parametric-Modeling algorithm applicable to the Chinese traditional building.

(5) After defining ESTL file and studying of Entity Extended Data (EED), we developed the modeling system and the VR platform of the Chinese traditional

building with the OOP, ObjectARX and OpenGL.

The algorithm presented in this paper is applied not only in traditional building model but also in the 3D model of Modern Building and other fields. We may develop the CAD system and the CAI system for the Chinese traditional building based on it.

Keywords: Chinese Traditional Building; Parametric-Modeling; Virtual Reality.

厦门大学博硕士论文摘要库

目 录

第一章 绪 论	1
1.1 选题背景	1
1.2 目前国内外研究现状	2
1.3 课题研究的意义	3
1.4 课题研究的内容和目标	4
1.5 论文结构安排	5
第二章 中国古建筑与《营造法式》	7
2.1 中国古建筑与木结构	7
2.2 《营造法式》	8
2.3 材份制	9
2.4 斗拱	10
2.5 小结	11
第三章 计算机辅助设计技术	12
3.1 计算机辅助设计技术	12
3.2 实体造型技术	13
3.2.1 正则几何体及其性质	13
3.2.2 扫 描 法	14
3.2.3 几何构造法	14
3.2.4 边界表示法	15
3.3 基于特征的实体造型	16
3.4 基于扫描特征的实体造型	17
3.5 参数化设计	17
3.6 变量化方法设计	18
3.7 小结	19
第四章 古建筑的参数化建模方法	20
4.1 三维建模过程	20
4.1.1 CSG构造理论	20
4.1.2 栌斗建模过程	21
4.2 封闭多义线的参数化方法	23
4.2.1 多义线的定义	23
4.2.2 多义线的凸度值计算	25
4.2.3 多义线的参数化表示	27
4.3 三维图形变换	29
4.3.1 齐次坐标	29
4.3.2 变换矩阵	29
4.3.3 变换矩阵的参数化描述	31
4.4 扫描法体素的参数化描述	32

4.4.1 AutoCAD三维建模命令	32
4.4.2 参数化描述.....	33
4.5 古建筑三维模型参数化描述	34
4.5.1 基于构造过程的参数化.....	34
4.5.2 参数的求解.....	35
4.5.3 建模过程的参数化.....	36
4.6 几何体参数化描述	37
4.6.1 基于构造过程的几何体参数化描述.....	37
4.6.2 几何体参数化描述的存储.....	38
4.7 小结.....	39
第五章 古建筑的建模系统	40
5.1 AutoCAD二次开发技术.....	40
5.2 ObjectARX	41
5.3 BIM与扩展属性	43
5.3.1 建筑信息模型.....	43
5.3.2 实体扩展数据.....	44
5.4 古建筑的建模系统	46
第六章 古建筑的虚拟仿真系统	48
6.1 虚拟现实技术	48
6.2 OpenGL三维图形开发技术	49
6.2.1 OpenGL简介.....	49
6.2.2 OpenGL工作原理.....	50
6.3 ESTL文件	51
6.3.1 STL文件	51
6.3.2 STL文件的输入与输出	52
6.3.3 ESTL文件	53
6.4 虚拟仿真系统的研发	55
第七章 结论与展望	57
参考文献.....	59
致 谢.....	61
攻读硕士期间发表的论文目录	62

Contents

Abstract	2
Contents	6
Chapter 1 Introduction	1
1.1 Background	1
1.2 Research Status	2
1.3 Significance.....	3
1.4 Content and Objective.....	4
1.5 Architecture of Thesis.....	5
Chapter 2 Chinese Traditional Building and <i>Yingzao Fashi</i>	7
2.1 Chinese Ancient Building and Timber Structure	7
2.2 <i>Yingzao Fashi</i>	8
2.3 Modulus.....	9
2.4 Dougong	10
2.5 Conclusion.....	11
Chapter 3 Computer Aided Design	12
3.1 History and Future of CAD.....	12
3.2 Solid Model	13
3.3 Solid Model based on Feature.....	16
3.4 Solid Model based on Extrude	17
3.5 Parametric Design	17
3.6 Variational Geometry Extended	18
3.7 Conclusion.....	19
Chapter 4 Parametric Modeling of Chinese Traditional Building ...	20
4.1 Analysis of 3D Modeling Process.....	20
4.2 Parametric Definition of Closed Polyline.....	23
4.3 Homogeneous Coordinate System	29
4.4 Parametric Definition of Extrude-Solid.....	32
4.5 Parametric Definition of Chinese Traditional Building	34
4.6 Parametric Definition of Geometry.....	37

4.7 Conclusion.....	39
Chapter 5 Modeling system of Chinese Traditional Building	40
5.1 AutoCAD and Development API.....	40
5.2 ObjectARX	41
5.3 BIM and EED	43
5.4 Development of Modeling System	46
Chapter 6 Virtual Reality System of Traditional Building	48
6.1 Virtual Reality	48
6.2 OpenGL.....	49
6.3 ESTL File	51
6.4 Development of Virtual Reality System	55
Chapter 7 Conclusion and Discussion	57
References	59
Acknowledgement	61
Publications	62

厦门大学博硕士学位论文摘要

第一章 绪论

“迄今为止，世界上真正实现过建筑设计标准化的只有中国传统建筑”^[1,2]。

“建筑要标准化并不困难，只是唯有中国实现过”^[1,2]。

这两句话就是对《营造法式》一书的最高评价，也是本课题研究得以实现的重要选题依据。

1.1 选题背景

中国是一个具有上下五千年文化的文明古国。随着朝代的变迁更替，多少文明与辉煌在漫长的历史长河中湮灭，同时也留下了许多文化遗产，其中古建筑就是代表。中国古建筑具有卓越的成就和独特的风格，在世界建筑史上占有重要的地位。^[3]

中国各个朝代的建筑各有特色，而且都有重要的文化历史内蕴和文物保护价值。古建筑是科技文化与艺术的结合体，也是重要的历史载体，保护好古建筑、保护好文物就是保存历史。在高科技发达的今天，必须探索多元化的保护路子，其中数字化保护就是新思维、新方法的体现。

目前，我国国家文物局启动了“中国数字博物馆”的重大课题研究，提出运用多种科学方法和现代化技术手段，对古建筑及文物进行“五化”建设，即存储数字化、传输网络化、资源共享化、展示多元化、管理计算机化。其中存储数字化和展示多元化都要求对古建筑及其周边环境进行三维虚拟仿真，实现人们希望随时随地参观古建筑文物的文化生活需求^[4]。

《营造法式》^[5,6]是中国古籍中最完善的一部建筑技术专书，是研究宋代建筑乃至中国古代建筑一部必不可少的参考书。它充分体现了中国古建筑的建造思路：“从小到大、从细部到整体”。它通过提出“材分制”，为我们研究建模过程的参数化方法提供了量化的基础。随着计算机技术的进一步发展，通过参数化的方法研究《营造法式》更是其中的热点和难点。

计算机辅助设计技术将人类创造性思维与计算机的高性能处理能力有机地结合起来，实现产品创新设计，是近年来计算机应用领域最活跃的研究方向之一。

其中实体造型是现代设计系统中设计对象的主要表达形式,也是对设计进一步进行分析的基础。实体造型主要有三种表示:扫描法、几何构造法、边界表示法^[7,8,9]。当前几何造型的建模技术主要有参数化方法、变量化方法等^[10,11]。

随着时代的进步,网络与多媒体技术的广泛应用,如何使用计算机技术对古建筑进行三维虚拟仿真和保护已经成为一个重要的课题。

1.2 目前国内外研究现状

古建筑作为一种人类重要的历史文化遗产,作为一种文明的代表,各国竞相研究各种保护技术,尤其是近年来随着科学技术的发展,各种数字化建模技术相继出现。目前国外主要技术手段:数字摄影测量、扫描数字地图和工程图纸、实地建筑测绘、激光扫描测量、红外线测量等。但是这些手段都只是针对某幢古建筑而言,只是获取其数字化资料作为虚拟仿真和多媒体展示等用途,目前还没有成熟的针对古建筑的通用三维建模方法。

国内当前对古建筑的研究分两方面:

- (1) 基于“二维”图形的文档资料研究。
- (2) 基于“三维模型”的三维动画演示和效果图研究。

但是它们的不足之处是在古建筑的复原和重建上应用价值不高,因为他们并非针对所有古建筑的数字化建模,仅是就某幢建筑而言的数字化。

中国古建筑具有独特的文化特色和文化内涵,因而一直都是中国建筑专家和史学家研究的对象,研究的角度归纳起来主要有两类:

- (1) 从建筑专业本身的角度研究中国古建筑。
- (2) 从计算机技术实现的角度来研究中国古建筑。

在本课题中我们主要关注从计算机技术实现的角度进行研究。

清华大学的郭黛教授和他的研究小组通过多媒体手段对《营造法式》各个技术工种的技术制度加以分解、整合、诠释;同时



图 1-1 五台山佛光寺

资料来源:《营造法式新注》

对《营造法式》的历史背景、编写特点、对各个技术工种制度特点进行评述以及

宋代将作制度进行评述等^[12]。在研究中,他们通过动画手段对五台山佛光寺进行了演示(如图 1-1 所示)。

东南大学的陈薇教授和他们的研究小组经过多年的研究,以演绎唐宋建筑为主题,用计算机技术的虚拟手段对中国古建筑展开了一系列研究^[14]。通过它们的研究成果,使我们能够触摸到那种真实、那种可以反复回味的古典意味。感谢数字时代给我们带来的惊喜,使得我们看到唐代佛光寺东大殿、宋代晋祠圣母殿和飞梁鱼沼、金代晋祠献殿的数字化建造。只是他们致力于对实例的数字化建造,重在演示古建筑的内部构造和细节,采取的是动画演示技术(如图 1-2 所示)。



图 1-2 宋代晋祠圣母殿

资料来源:《演绎唐宋建筑》

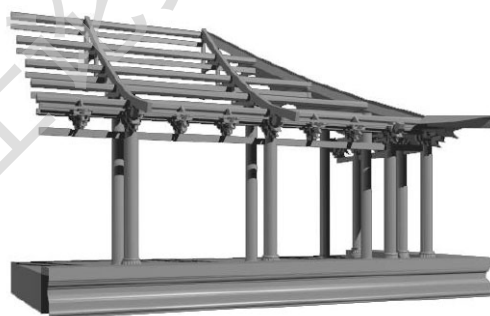


图 1-3 古建筑结构参数化设计效果图

资料来源:《中国古建筑参数设计》

重庆大学的艾及熙教授与他的研究小组从参数化的角度对清代古建筑进行全方位的研究^[15]。他们将计算机领域的参数化设计引入中国古建筑设计过程。他们按古建筑结构将古建筑分为台基、墙身和屋顶三大组成部分,详细地讲述了中国古建筑各个部分的具体构造和作法(如图 1-3 所示)。并且以此为依据,从计算机参数化设计的思路 and 现代建筑设计习惯的角度,详细地对对中国古建筑各个部分的分解方法和参数设置进行了分析和阐述,但对于最重要的部分——“斗拱”,并没有作详细的研究,也没有进行归纳总结出三维建模的一般规律。

1.3 课题研究的意义

显然,我们当前的研究仍然停留在古建筑的实例研究上,还没有对古建筑的模型进行归纳总结,并从计算机技术的角度实现古建筑建模的模块化。这正是我

们正在努力研究的方向。当前国内外研究的总趋势是研究一种相对比较通用的三维数字化建模软件，提出本课题具有积极的意义。

本研究属于跨学科研究的范畴，主要结合先进的数字化建模方法与 AutoCAD 强大的建模功能，针对代表中国几千年文化的古建筑，研究相应的参数化建模方法，从而提出针对古建筑通用的数字化方法，解决当前古建筑数字化中存在的最大问题：不同的古建筑数字化模型的数据不能共享与交流。

作者具有相当的建筑专业知识、多年的建筑三维建模经验和动画制作经验，一直从事 CAD 的二次开发，因而本课题也是作者从事研究工作的继续和扩展，利用这一研究成果，可作进一步的应用性研究，开发古建筑的多媒体 CAI 教学系统、古建筑的 CAD 软件等。

1.4 课题研究的内容和目标

本课题的研究内容有两个方面：

(1) 跟踪当前国内外先进的数字化建模技术及其发展趋势，结合《营造法式》定义的古建筑规范，研究适合古建筑的数字化建模方法，实现古建筑的参数化三维建模。

(2) 结合 ObjectARX 和 OpenGL 开发技术，研发古建筑的建模组件和虚拟仿真系统。

系统的实现流程图如图 1-4 所示。

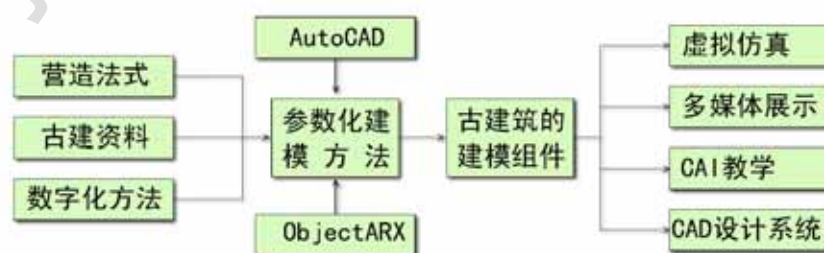


图 1-4：实现流程图

本课题的研究目标：

(1) 详细研究古建筑的一般构造，结合具有代表性的《营造法式》，提出古建

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库