

www.hustp.com

内附光盘

普通高等院校建筑专业“十一五”规划精品教材
Architectural Professional Textbooks for the 11th Five-Year Plan

RHINOCEROS & GRASSHOPPER

参数化建模

重庆大学

曾旭东 王大川 陈辉 著

 华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>

普通高等院校建筑专业“十一五”规划精品教材

Rhinoceros & Grasshopper

参数化建模

曾旭东 王大川 陈辉 著

华中科技大学出版社
中国·武汉

图书在版编目 (CIP) 数据

Rhinoceros & Grasshopper 参数化建模 / 曾旭东, 王大川, 陈辉著. — 武汉: 华中科技大学出版社, 2011. 9

ISBN 978-7-5609-7241-1

I. R… II. ①曾… ②王… ③陈… III. 建筑设计: 计算机辅助设计-应用软件, Rhinoceros & Grasshopper IV. TU201. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 149867 号

Rhinoceros & Grasshopper 参数化建模

曾旭东 王大川 陈辉 著

出版发行: 华中科技大学出版社 (中国·武汉)

地 址: 武汉市武昌珞喻路 1037 号 (邮编: 430074)

出 版 人: 阮海洪

责任编辑: 孙淑婧

责任监印: 张贵君

责任校对: 金 紫

装帧设计: 王亚平

录 排: 北京泽尔文化

印 刷: 北京亚通印刷有限责任公司

开 本: 889 mm×1194 mm 1/16

印 张: 34 插页: 2

字 数: 696 千字

版 次: 2011 年 9 月第 1 版 第 1 次印刷

定 价: 69.80 元


华中出版

投稿热线: (010) 64155588-8000 hzjztg@163.com

本书若有印装质量问题, 请向出版社营销中心调换

全国免费服务热线: 400-6679-118 竭诚为您服务

版权所有 侵权必究

内 容 简 介

本书共分为两个部分，其中，第一至八章为第一部分，第一章为 Rhinoceros 与 Grasshopper 及相关软件概论，第二至八章主要讲解 Rhinoceros 建模方法、建模原理与建模实例；第九至十四章为第二部分，主要讲解 Grasshopper 的数据与几何操作逻辑以及几何运算器功能与操作方式。本书注重对学习者实际操作技能的训练，采取命令讲解与实例教学相结合的方式，由浅入深地讲解了使用 Rhinoceros 和 Grasshopper 进行 3D 模型建立的操作方法与思维流程。书中内容完整包含了 Rhinoceros 中的基本操作、曲线曲面建立、NURBS 原理、网格操作、曲线提取、高级变动和渲染，Grasshopper 中的各类数据操作运算器、几何操作运算器等功能模块的使用方法。书中包含一百余个大小案例，基本上都与建筑建模的问题相关，并且着重分析了如何处理各种几何对象的建模思维方式，因此，读者能够在学习本书之后独立完成各种复杂形态的建模。

本书既可作为三维建模和参数化设计建模的初、中级读者的自学教材，也可作为 Rhinoceros 与 Grasshopper 教学的培训教材使用。

普通高等院校建筑专业“十一五”规划精品教材

总 序

《管子》一书中《权修》篇中有这样一段话：“一年之计，莫如树谷；十年之计，莫如树木；百年之计，莫如树人。一树一获者，谷也；一树十获者，木也；一树百获者，人也。”这是管仲为富国强兵而重视培养人才的名言。

“十年树木，百年树人”即源于此。它的意思是说，培养人才是国家的百年大计，既十分重要，又不是短期内可以奏效的事。“百年树人”并非指100年才能培养出人才，而是比喻培养人才的远大意义，要重视这方面的工作，并且要预先规划，长期、不间断地进行。

当前我国建筑业发展形势迅猛，急缺大量的建筑建工类应用型人才。全国各地建筑类学校以及设有建筑规划专业的学校众多，但能够做到既符合当前改革形势又适用于目前教学形式的优秀教材却很少。针对这种现状，急需推出一系列切合当前教育改革需要的高质量优秀专业教材，以推动应用型本科教育办学体制和运作机制的改革，提高教育的整体水平，并且有助于加快改进应用型本科办学模式、课程体系和教学方法，形成具有多元化特色的教育体系。

这套系列教材整体导向正确，内容科学、精练，编排合理，指导性、学术性、实用性和可读性强，符合学校、学科的课程设置要求。教材以建筑学科专业指导委员会的专业培养目标为依据，注重教材的科学性、实用性、普适性，尽量满足同类专业院校的需求。教材内容大力补充新知识、新技能、新工艺、新成果；注意理论教学与实践教学的搭配比例，结合目前教学课时减少的趋势适当调整了篇幅。根据教学大纲、学时、教学内容的要求，突出重点、难点，体现建设“立体化”精品教材的宗旨。

该套教材以发展社会主义教育事业、振兴建筑类高等院校教育教学改革、促进建筑类高校教育教学质量的提高为己任，为发展我国高等建筑教育的理论、思想、办学方针与体制、教育教学内容改革等方面进行了广泛深入的探讨，以提出新的理论、观点和主张。希望这套教材能够真实地体现我们的初衷，真正能够成为精品教材，受到大家的认可。

中国工程院院士：



2007年5月

前 言

参数化建模技术在辅助建筑设计上的应用越来越广泛，其发展时间短暂，发展速度却令人叹为观止，目前在建或已建成的各种形态各异的建筑或多或少都有参数化软件的设计辅助。在各种常用的参数化辅助设计软件当中，Rhino 和 Grasshopper 组成的参数化设计平台是目前最为流行、使用得最为广泛的一套设计平台，这主要得益于 Rhino 建模软件强大的造型能力和 Grasshopper 独特的可视化编程建模方式。目前，国内在相关技术上的水平相对落后，许多大型项目需要国外相关团队的参与才能顺利完成。此外，市面上的此类中文教程类书籍也相对匮乏，初学者难以找到学习参数化建模技术切合的入手点。本书便是立足于国内这一现状，在各种已有作品资料众多，但技术细节资料匮乏的情况下，做的一项基础工作。

Rhino 是基于 NURBS 建模技术的一个强大 3D 建模软件，从参数化建筑设计发展最初至今，其一直是实现各种参数化作品的最主要的设计平台之一。因为 Rhino 不仅功能强大而且简单易学，它涵盖了从设计最初的草图构思到最终成果表现的全部工具，而且具有强大的导入导出功能，能够良好地实现与各种其他 3D 软件的配合工作。Rhino 本身就是一个能够精确描述对象的 CAD 类软件，具有高精度的模型尺寸，因此，设计师在 Rhino 中完成的模型无需进行二次建模便可直接用于建造或生产。Grasshopper 是基于 Rhino 平台的一款新兴可视化节点编程建模软件。Grasshopper 从诞生以来，便在建筑参数化设计领域得到广泛应用，其各种数据和图形的操作都是基于可视化的节点工具，而不同于传统参数化编程工具的代码命令，因此设计师能够更为注重设计思维本身而不是在软件技巧上花很大心思，通过清晰的节点和连线的方式组织形态的生成算法和各种几何操作。

本书分为两个部分分别介绍 Rhino 和 Grasshopper 建模知识。第一章为 Rhino 与 Grasshopper 及相关软件概论，第二至七章介绍 Rhino 建模方法，由浅入深地对 Rhino 中各个建模功能进行讲解，并辅以各种案例帮助读者深入理解工具本身，第八章介绍 Rhino 综合建模案例。Grasshopper 部分从第九章开始，第九至十四章由浅入深地介绍 Grasshopper 中的数据逻辑和几何逻辑，并通过实际案例来讲解 Grasshopper 建模中涉及各个部分，第十五章全面介绍 Grasshopper 中各种几何运算器的功能和操作方式。本书总共包含一百余个各种大小案例，基本上均与各种建筑建模问题相关，位于本书的配套光盘中。

本书的编写得到了重庆大学山地城镇建设与新技术教育部重点实验室的大力支持，以及重庆大学的周宏伟先生、安徽建筑工业大学的李憬君先生的鼎力帮助，天津大学的郭璐瑛女士为第十五章的编写提供了大量研究材料，在此表示衷心的感谢。

限于编者的学识有限，书中难免存在错误及纰漏之处，请读者不吝指正。

编者
2011年6月

目 录

第一部分 Rhinoceros	1
第 1 章 认识 Rhinoceros 和 Grasshopper	3
1.1 3D 软件概述	3
1.2 Polygon 与 NURBS	11
1.3 Rhinoceros 和 Grasshopper 概述	12
1.4 相关学习资源与技术支持	20
第 2 章 Rhinoceros 界面和基础操作	23
2.1 Rhinoceros 安装与界面构成	23
2.2 Rhinoceros 的基本操作	30
第 3 章 建构 2D 造型	63
3.1 2D 物体的绘制	63
3.2 2D 物体编辑	90
3.3 2D 物件绘制运用案例	104
3.4 NURBS 曲线原理深入理解	106
第 4 章 曲面构建	124
4.1 曲面建立	124
4.2 曲面编辑	152
第 5 章 实体与网格	173
5.1 实体	173
5.2 网格	187
第 6 章 高级工具集	194
6.1 从物件建立曲线	194
6.2 2D 工具	204
6.3 变动工具	208
第 7 章 渲 染	235
7.1 渲染相关知识	235
7.2 Rhinoceros 中的渲染	247
7.3 Rhinoceros 中的几种渲染器介绍	255
第 8 章 Rhinoceros 建筑建模案例	262
8.1 某体育馆建模	262

8.2	BIG 哈萨克斯坦新图书馆莫比乌斯环	270
8.3	BIG AMF 建筑屋顶建模	274
8.4	某水上建筑建模	281
8.5	New Amsterdam Pavilion/UNStudio 建模	286
8.6	安联球场建模	292
第二部分 Grasshopper		299
第 9 章 Grasshopper 插件特性		301
9.1	输出结果的可调性	301
9.2	输出结果的复杂性	305
第 10 章 Grasshopper 工作环境:可视化节点式编程		311
10.1	安装及运行 Grasshopper	312
10.2	Grasshopper 界面总览	314
10.3	运算器基础操作	316
10.4	运算器群体操作	327
10.5	Grasshopper 视图设置	330
10.6	Grasshopper 其他工具	333
第 11 章 Grasshopper 中的数据处理		336
11.1	树状的数据结构	336
11.2	线性数据处理规则	340
11.3	树状数据处理规则	341
11.4	输入参数的数据结构设置	347
第 12 章 基本逻辑功能组织		349
12.1	逻辑运算器简介	349
12.2	布局	353
12.3	影响因素、趋势渐变	372
12.4	分支	378
第 13 章 数据序号操作:菱形嵌合表皮建模		386
13.1	多点协作造型:菱形嵌合	386
13.2	协作方案优化:首尾无缝化	392
13.3	单元内多点协作造型	398
第 14 章 综合建模实例:异形构架		403
14.1	建立定位点阵与定位曲线	403
14.2	优化构件方案	405
14.3	形成顶部遮阳肌理	412

第 15 章 几何运算器	417
15.1 Vector 运算器	417
15.2 Curve 运算器	439
15.3 Surface 运算器	470
15.4 Mesh 运算器	491
15.5 Intersect 运算器	506
15.6 Transform 运算器	521
附录 彩图	535

第一部分

Rhinoceros

第1章 认识Rhinoceros和Grasshopper

第2章 Rhinoceros界面和基础操作

第3章 建构2D造型

第4章 曲面构建

第5章 实体与网格

第6章 高级工具集

第7章 渲 染

第8章 Rhinoceros建筑建模案例

第 1 章 认识 Rhinoceros 和 Grasshopper

1.1 3D 软件概述

1.1.1 3D 软件特点

随着计算机软硬件技术的发展,三维模型软件的发展也越来越快,目前已被广泛应用于各个行业。3D 软件本身为了适应时代发展和功能需求,也在不断推出新的版本。如此花样繁多的 3D 软件对于学习者来说当然是好事,但在有了更多选择余地的同时,也让许多初学者在选择软件时难以下手。我们此节先了解一下 3D 软件及其分类。

目前,没有任何一款 3D 软件敢于宣称其涵盖了所有 3D 使用者的需求。一款特定的 3D 软件往往是开发给特定用途或使用领域的。例如,在电影工业领域有分属建模功能、特效功能和渲染功能的各类 3D 软件,视频游戏领域使用带有即时显示游戏引擎的 3D 软件,制造业和建筑业有多种计算机辅助设计、计算机辅助制造等一系列适用于产品生产周期中不同阶段的 3D 软件。在软硬件技术的发展下,目前主流的大型 3D 软件通常都具有实现从初始设计到最终表现的一整套功能,但在实际应用中我们一般又会各取所长,根据某个 3D 软件的优势将其应用到设计流程的不同阶段中。

一般来说,3D 软件具有以下一些特征。

1. 能够建立真实世界物体实体模型

3D 软件通过内建的图形显示核心,允许用户建立以真实世界物体为原型的实体模型,并提供即时显示。目前有许多 3D 软件都被设计用来建立某一种类型的物体模型,从植物、汽车、人物到自然界的流体。例如,ZBrush 这款雕刻建模软件专门被用来建立各种软质的人物和生物模型,Houdini 则被设计用来建立各种流体视觉特效模型,此外,在科学领域还有一些 3D 软件专门被设计用来建立各种例如化学分子结构、人体器官等模型。

2. 模型修改

3D 软件允许用户创建模型并对模型进行修改,软件通常提供了对模型诸如进行可视化的增加、删减、变形等方式,使用户能够方便地将模型调整至他们希望得到的结果。同时,3D 模型可以从不同角度,模拟不同摄像机效果,通过放大、缩小、平移等方式进行观看。

3. 导出模型文件

在 3D 软件中建立的模型通常能导出成各种通用的模型格式文件,以方便用户将其导入到其他应用程序中进一步使用。许多 3D 软件提供了各种插件形式的格式导入导出工具,将其他程序生成的模型转换成自身格式以使用户使用。

4. 渲染表现

目前主流的 3D 软件常常都带有一系列渲染表现功能,如光线跟踪器、贴图映射、即时渲染等。另一些 3D 软件也带有支持模型动画表现的功能,甚至带有一整套制作完整动画视频的摄像机移动、模型动态表现和动画渲染功能。

1.1.2 软硬件平台和 3D 软件的发展趋势

3D 软件的发展源自 20 世纪 50 年代。1950 年,美国麻省理工学院诞生了第一台图形显示系统“旋风一号”(Whirlwind),该系统很快便被应用于军事和航天领域。1963 年,美国麻省理工学院林肯实验室的 Ivan E. Sutherland 博士开发了第一款二维 CAD 软件——Sketchpad,该软件也是第一款人机交互的面向对象软件程序。

随着计算机工作站和微机硬件平台的发展,3D 软件开始进入一个新的时期。20 世纪 80 年代以后,SGI 等专业图形工作站开始出现,给三维创造人员提供了强大的图形工作功能。商业公司开发了 Softimage、Alias、Wavefront 等一批功能完善的老牌 3D 软件,这些软硬件平台开始在工业设计、影视等领域广泛应用,并迅速发展。但早期的 3D 软件依赖于价格昂贵的图形工作站,因而限制了 3D 软件和 3D 技术的普及,只能是少数专业人员的工具。1994 年,Microsoft 推出 Softimage|3D for Windows NT 版,这标志着高端的 3D 软件开始进入个人计算机大家庭。

我们在目前仍能看到许多有革新意义的 3D 软件出现,当代的 3D 软件和建筑辅助设计软件发展逐步呈现以下一些趋势。

1. 建模方式更加人性化自由化

较于传统的鼠标确定控制点、键盘输入建模命令的建模方式,当代 3D 软件的建模方式变得更加人性化和快速。例如,Zbrush(见图 1-1)软件采用的雕刻建模方式就是 3D 造型领域的一场革命,设计师使用更为形象和自由的雕刻方式来建立三维模型,使得建模这一工作从复杂且耗费精力变得简单有趣。随着触屏技术发展,在 3D 软件领域,Spaceclaim 首先支持多点触控技术进行 3D 建模,目前最新版的 AutoCAD、Solidworks 等老牌的 3D 软件也都支持多点触控建模技术。

2. 参数化与全信息化技术

参数化与全信息化技术在工业设计 CAD 领域并非新的技术,Alias、Catia、Pro/E 等工业设计软件在 80 年代的版本便开始具备全参数化功能,并随后发展了比纯参数化更为灵活的变量化建模技术作为目前工业设计 3D 软件的主导建模技术。但在建筑设计领域,设计通常采用以 2D 绘图表达剖面图形,使用非参数化建模软件表达三维模型的两节脱节的方式。暂且不讨论建筑参数化出现的理论内容,就建模方式来说,参数化建

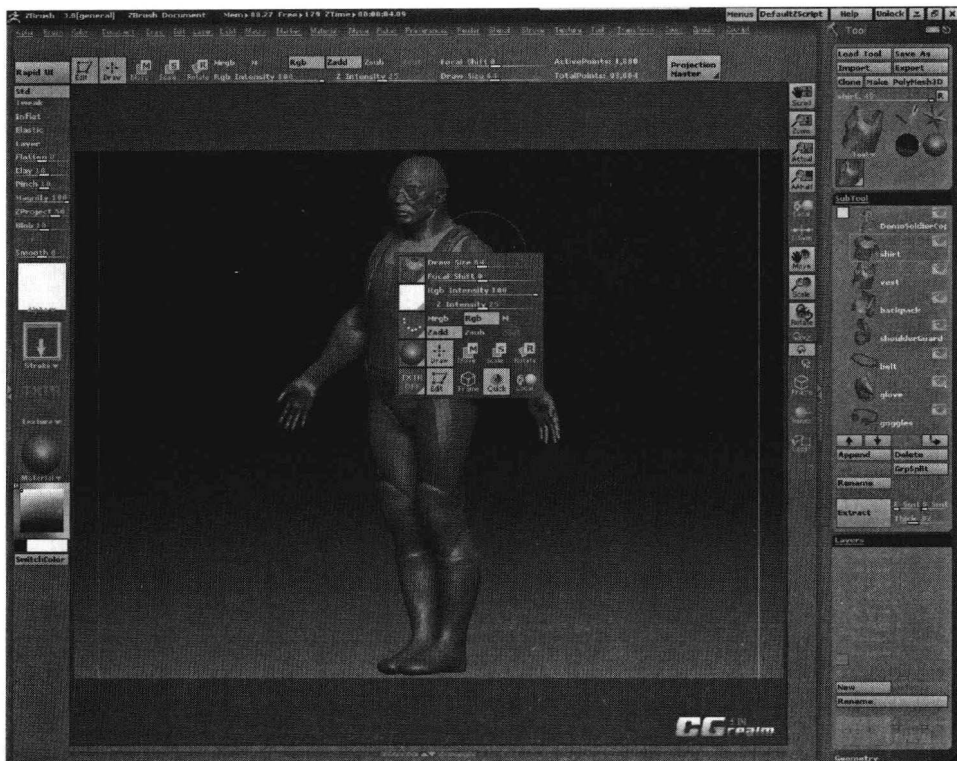


图 1-1 Zbrush3.1 雕刻建模界面

模在建筑辅助设计上可以实现通过局部变量的修改完成对设计意图的全局变更。这一类软件目前主要有:基于 Rhinoceros 平台的 Grasshopper、Paracloud、Digital Project(见图 1-2)以及 3D 脚本编程软件 Rhinoscript、Processing 等。全信息化技术在建筑辅助设计上也称 BIM 技术,BIM 模型包含了一个建筑设计项目中的全部要素,使得 2D 图纸和 3D 模型不再脱节,软件主要有 Revit、ArchiCAD 等。

3. 同步建模技术

同步建模技术是 3D 软件中 CAD 技术的最新技术革命。2008 年 4 月 22 日, Siemens PLM Software 在汉诺威工业博览会上举办的全球媒体和分析师大会上正式发布了该项技术,引起了业内的广泛关注。同步建模技术把参数化建模和直接建模技术完美结合在一起,兼具以往各种建模技术的八大优势。

- (1) 特征树形结构变为特征集;
- (2) 在无约束模型上进行受控编辑;
- (3) 在参数约束上模型上进行直接编辑;
- (4) 父/子结构;
- (5) 尺寸方向控制;
- (6) 程序特征;

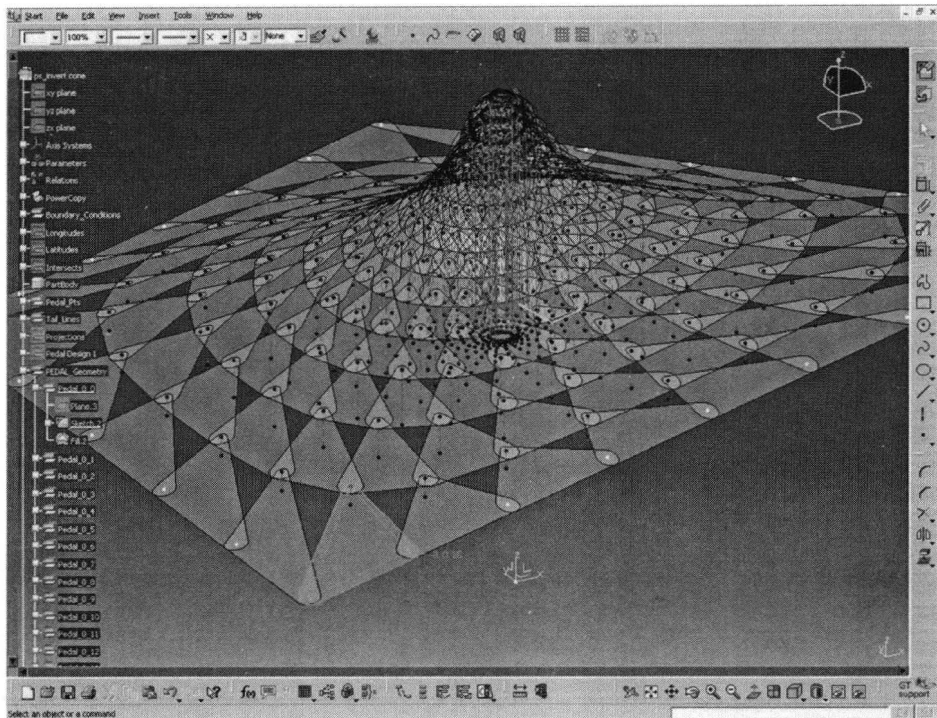


图 1-2 Digital Project 参数化建模

(7) 模型创建;

(8) 快速进行“假设”变更同步建模。

同步建模技术突破了基于参数化建模系统所固有的系统架构所产生的障碍,而且具有识别当前几何体状态的功能,实时分析确认定位依属关系,不必从编辑的角度对模型进行传统的完全重建,即可实现模型的变更。根据模型复杂程度的不同和编辑历史的长短,用户就能获得显著的性能提升。

1.1.3 与建筑设计相关的主要 3D 软件简介

就针对建筑设计应用的 3D 软件而言,其开发倾向,有以下几种分类。

1. CAD 类软件

CAD 的全称是计算机辅助设计(Computer-aided Design)。在建筑设计中,这类软件主要承担制图、计算和建模工作,而且比较偏重于图纸绘制,在建模方面能力不强。其中,应用比较多的主要有以下一些软件。

(1) AutoCAD

AutoCAD 是由 Autodesk 公司开发计算机辅助设计工具,目前是应用得最为广泛的绘图工具,AutoCAD 的 dwg 文件格式已成为设计领域二维绘图的事实标准格式。经过数十年的开发和应用,AutoCAD 已经成为兼具制图、计算、建模、二次开发等整套设计流程的完善设计工具,并且兼容多种主流的操作平台,目前最新版本为 AutoCAD2011(见图 1-3)。

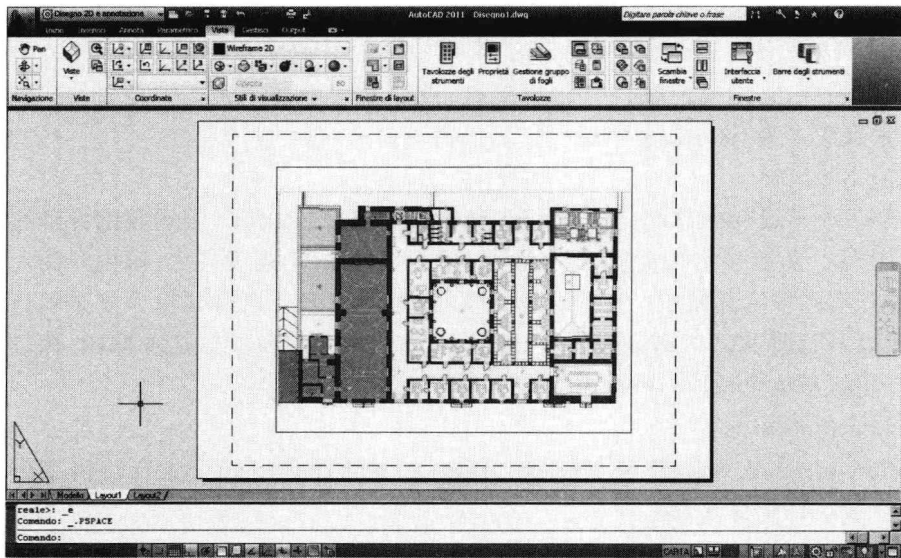


图 1-3 AutoCAD2011 工作界面

(2) 天正 Tarch

天正 Tarch 是天正公司开发的基于 AutoCAD 图形平台的建筑制图软件,同系列的还有暖通、电气、市政道路等一系列软件。天正 Tarch 的主要特点是针对国内的建筑制图标准开发了一套完善的绘制、标注和项目管理功能,并且兼具分析、计算功能,是国内建筑设计使用最为广泛的软件之一。目前最新版本为天正 Tarch8.2。

(3) 中望 CAD

国产 CAD 软件代表,其操作方式、界面和命令习惯都继承于 AutoCAD,文档格式兼容 AutoCAD,但在功能上明显逊于 AutoCAD。其主要优势是相对于 AutoCAD,价格非常便宜,而且在不断完善和改进中,已经能独立胜任大多数项目的制图需要。目前最新版本为中望 CAD2011。

2. CG 表现类软件

CG 全称为 Computer Graphics,目前多指设计产品表现和动画影视中的虚拟表现。在建筑设计中,CG 表现类软件主要用来进行建筑模型制作以及场景渲染。目前使用得比较多的主要有以下一些软件。

(1) 3DS MAX

3DS MAX 是由 Autodesk 开发老牌 3D 软件,也是目前是应用得最为广泛的建模、表现和渲染软件,国内的建筑设计公司和效果图公司多用来建立建筑外观模型和场景渲染,并配合 Photoshop、After Effect 软件生产出建筑表现图以及表现动画。目前最新版本为 3DS MAX2011。

(2) Sketchup

Sketchup 是一款直接面向创作设计构思的 3D 建模软件。Google 于 2006 年 3