

Autodesk® 推荐 BLM 丛书

建设工程信息化
— BLM 理论与实践丛书

信息化建筑设计 — Autodesk Revit

赵红红 主 编
李建成 副主编

中国建筑工业出版社

建设工程信息化——BLM 理论与实践丛书

信息化建筑设计—— Autodesk Revit

主 编 赵红红

副主编 李建成

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

信息化建筑设计——Autodesk Revit/赵红红主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2005

(建设工程信息化——BLM 理论与实践丛书)

ISBN 7-112-07800-8

I. 信... II. 赵... III. 建筑设计: 计算机辅助设计—应用软件, AutoCAD Revit IV. TU201.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 113405 号

建设工程信息化——BLM 理论与实践丛书

信息化建筑设计——Autodesk Revit

主 编 赵红红

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新 华 书 店 经 销

北京同文印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 13½ 字数: 270 千字

2005 年 10 月第一版 2005 年 10 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 29.00 元

ISBN 7-112-07800-8

(13754)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

本书是“建设工程信息化——BLM 理论与实践丛书”中的一本。书中详细介绍了信息化建筑设计 Autodesk Revit 的发展、特点、功能与使用,全书包括建筑设计信息化技术发展概述、建筑信息模型、Autodesk Revit 概述、基于构件的建筑设计、自定义族类型、视图和渲染、明细表、标题栏和图纸,并尽量在涉及到实际操作与使用的部分安排实例讲解,以便读者和用户学习、理解、参照。

本书可供建筑设计人员、Autodesk Revit 软件用户及相关领域教学、研究人员参考使用,还可供各培训机构作相关培训教材使用。

* * *

责任编辑:张礼庆

责任设计:赵 力

责任校对:王雪竹 王金珠

建设工程信息化——BLM 理论与实践丛书编委会

主 编：丁士昭

副 主 编（按姓氏笔画排序）：

王要武 张建平 赵红红

委 员（按姓氏笔画排序）：

丁士昭 马继伟 马智亮 王 朔

王要武 任爱珠 孙立新 李建成

李晓东 张建平 陈建国 赵红红

黄 铎 Martin Fischer

特别顾问：高群耀

本书编委会

主 编：赵红红

副 主 编：李建成

编 委（按姓氏笔画排序）：

王 朔 王成芳 李建成 赵红红

序 言

BIM 介绍

当今世界制造业和工程建设行业的规模大致相当,而两个行业在信息技术(Information Technology)方面的投资习惯却相差很大。例如,美国制造业在信息技术方面的花费几乎超过建筑业 6 倍^①。

制造业利用 IT 方面的投资,建立数字化原型,以便于工程应用和分析产品组件各种必要的特性——从物理和操作特征到热学性能和制造要求。目前,建筑师和工程师正在把类似的工具应用到建筑行业中去。

“建筑信息模型”(Building Information Modeling——BIM)这个词 2002 年由 Autodesk 公司提出,是对建筑设计和施工的创新。它的特点是为设计和施工中建设项目建立和使用互相协调的、内部一致的及可运算的信息(图 1)。

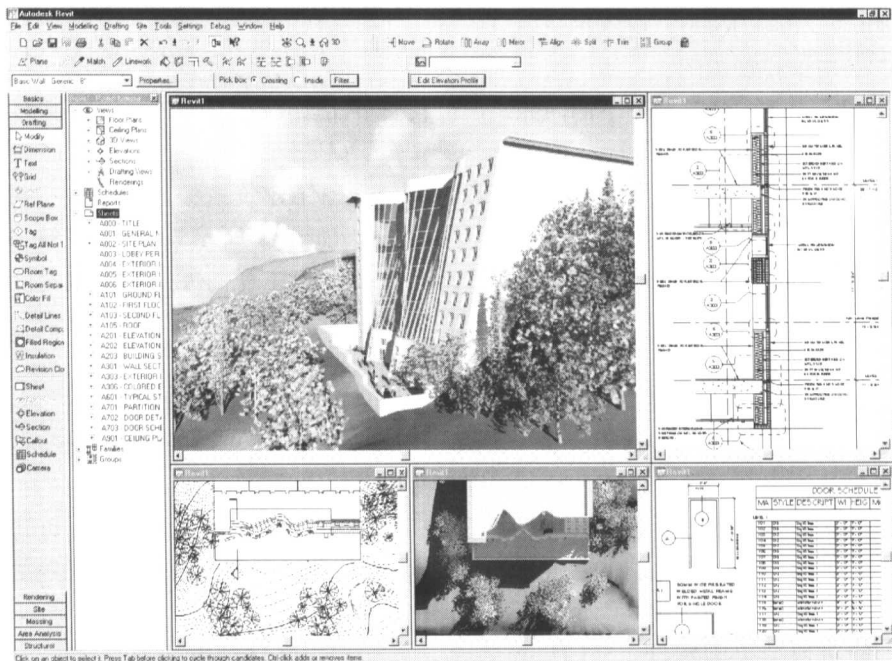


图 1 BIM 的特点是为建设项目建立和使用互相协调的、内部一致的及可运算的信息

^① 全球纵向市场信息技术(IT)支出:2002 年二季度预测和分析,2001~2006,国际数据公司(IDC)研究报告,安妮·卢(Anne Lu),2002 年 10 月

(1) 图纸和模型

为了在整个设计过程中沟通设计意图,建筑师必须既要建模,又要出图纸。过去,这两种截然不同形式的沟通工具是必要的——相互可以弥补不足。近来随着数字模型和计算机绘图的发展,二者的界线逐渐模糊了。

实体模型和图纸必然是脱节的,而数字技术将图纸和模型联系起来。尽管现在大多数建筑模型和图纸是数字式的,却未必联系或是集成起来。有些图纸是用CAD设计方法直接绘制的,但它们是独立存在的,和三维建筑模型没有关系。有些图纸由三维模型生成,却和模型联系薄弱或是失去了联系——模型变化了,图纸的修改难以预料,常常需要手工校对和协调的工作。这样大大降低了基于模型设计方法的效果。

精致的BIM解决方案建立在不同的模型/图纸关系基础上,按此方法,项目文件编制是三维模型的副产品。平面图、视图、表格等是三维模型的直接表达方式;它们本质上是以模型数据为基础的图文“报告”。由于这种情况下图纸是建筑模型的活视图,所以它们才能精确表达建筑设计和三维模型保持一致。

当设计师在进行熟悉的二维或三维视图设计时,使用定制的BIM解决方案,比如Autodesk Revit,可以将与项目所有的其他表达方式有关的设计信息协调在一起。三维模型视图、二维图纸、剖面图、平面图、信息表格和工程量估算因为都是同一个基本建筑模型下的图元,所以它们全部吻合一致。

(2) BIM要素

定制的BIM解决方案使用关系数据库建立三维建筑模型,以生成二维图纸、及管理大量相关的(非图形的)项目数据。如图2所示,Revit建筑模型由不同类型的图元组成——模型图元、视图图元和注释图元——这些都相互关联。

1) 模型图元

Revit的系统中,主体图元是指系统内建的建筑构件:墙体、楼板、屋顶、顶棚、楼梯等。尽管多数图元的建构方式只是绘制,看来像是二维图形的线,BIM解决方案自动解读使用者绘制的图,并提示它们与项目中其他构件适当的关系,建立三维模型图元、其关联数据及关系。比如,墙会赋予类型、高度等属性,同时会自动连接它碰到的其他墙体。当墙体移动时,其他连接的墙也随之移动。这面墙是数据库构件,而不仅是图纸中简单的图形图元。

建筑模型中的构件——门、窗、家具等——知道自己该如何在模型中作用并做出反应。比如,插入一扇窗时,BIM解决方案会根据所选窗户的指定类型,自动将它置入墙体中楼板上方正确的高度。当墙体移动时,窗户也随之移动。

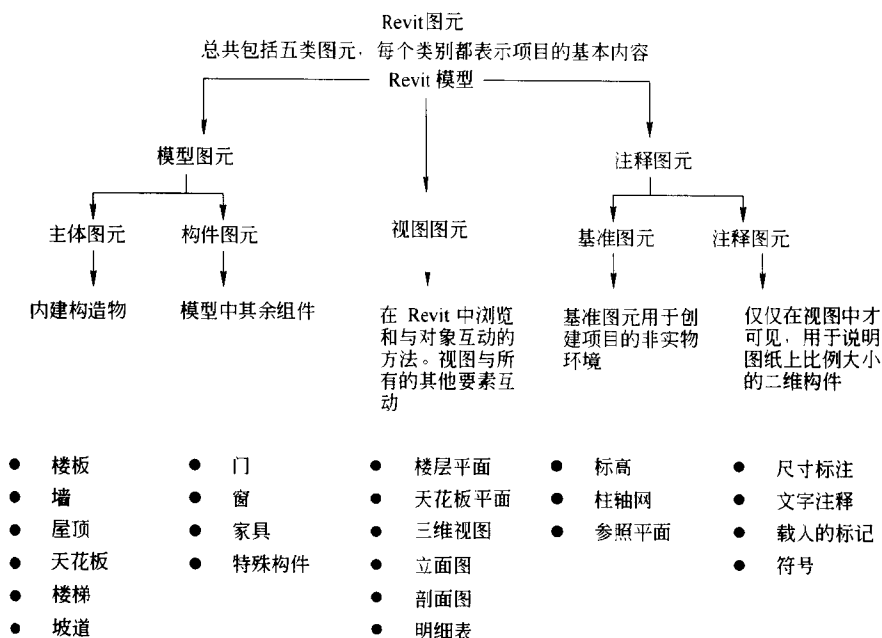


图 2 Revit 建筑模型

构件一般是利用“族文件”^①实现的，所以族的改动会在整个模型范围中更新，反映所有利用到该构件的设计，我们称之为“实例”。此外，模型图元包含该图元的非形体数据，存储数据的类型和结构可以按需要定制，企业可以增加建筑模型的信息类型，比如增加组件的部件代码指标，说明成本数据或“绿色材料”（本章下文 HIP 的案例会提到），以便进行索引。

参数建筑建模是 Autodesk Revit BIM 解决方案独有的特色，也增加了模型图元（及其他所有类型的图元）的关系管理。在上例中，窗户跟随其主体构件——墙体的移动而移动。有些类型的 BIM 解决方案中，这属于对象的设计“智能”等级——墙体和窗户的关系严格符合它们物理上的联系；窗户“知道”自己的位置在墙上，且可以在墙内自由移动。

相对地，使用参数建模工具，设计师可以指定墙体上的窗户距门 1m，高于楼板 1m，门、窗和墙的关系（隐含在设计师的意图中）外在地呈现在建筑信息模型中。因此，门如果移动，窗户自动跟着移动。在随后的设计过程中如果别人企图移动窗户，它会提醒初始的设计意图（距门 1m），如此的设计变更需要经过理智的设计决策。像这种参数关系，使变更在整个设计过程中的改动，始终和设计

^① “族”这个词指具有多种类型定义的图元，每种具有不同的尺寸和形状。尽管这些类型可能看起来完全不同，它们仍相互有关系，彼此同源，由此得名“族”。

意图保持一致，同时保留了对设计过程本身的完美记录。

2) 视图/图纸

视图是用户查看、与 Revit 建筑模型互动的方式：平面、剖面、立面、详图、三维视图、明细表和报告都属于视图。Revit 的特色是，模型的视图都是“活”的，动态更新，所以无需手动更新或重新生成视图。明细表和报告很单纯地只是视图的类型，显示材料说明和数量而不是图形。图纸是包含注释的视图。

3) 注释

注释是二维特定的视图图元，用于制作文本。参照模型图元的注释会随模型图元本身的变动而更新。注释图元也能根据不同尺度的视图，调整自身尺寸，随视图比例的变化而更新。仍以窗户为例，平面视图可以显示墙体中带有尺寸注释的窗，这扇窗还有一个给定的编号显示在图中。如果删除窗户，在平面视图中表示的窗被删除，尺寸注释和标号文字也会被删除。

虽然许多技术可以用来支持 BIM，Autodesk Revit 是特别为实现 BIM 目标而定制的，它基于参数建模技术因此提供最高效益。在参数建模技术中，它将设计模型(几何形体和数据)和行为模型(变更管理)结合起来动态地捕获、表达和协调建筑信息。

正如电子表格是用于思考数字的工具，基于参数建筑模型技术的软件是用来思考建筑的工具。电子表格中的任何一处改动无需用户再次介入，就能自动更新，同样参数建筑模型中的任何改动立刻会在各方面反映出来。

BIM 的利益

建筑信息模型在建筑实践上的应用带来了：

☐ 更协调、更优质的工作；

☐ 完成得更快、更有效率，因此产生成本更低，建筑设计更好。

此外，建筑信息模型自身的强大功能使得拥有附加设计能力成为可能，如能源和结构分析等，公司可以用之于扩展的服务，比如可持续设计。

(1) 协调性

如上所述，专为建筑信息模型制作的解决方案自动地使项目使用的所有信息协调一致，因为它们都是基于建筑信息模型动态产生的。建筑模型的任何改动立刻反映到整个项目产生的文件中。

因为由计算机来协调文本会更加完整，所以错误和相应的成本减少了，项目的整体质量提高了。BIM 还允许对项目(在设计或施工图制作过程中的任何阶段)进行深度开发和做大的变更，因为设计团队不必负担繁琐反复的协调工作。

(2) 工作效率

BIM 解决方案允许建筑的设计和图纸编制可以同步，而不必按顺序进行。由于其在设计工作进行的同时动态生成项目的有关信息，错误和信息丢失会大幅度减少，因此提高了设计质量，减少了返工。在传统设计过程中(参与方靠纸张交换数据)经常丢失的信息，在这里可以重复使用，不断精细化。设计团队花费较少的时间和精力就能完成关键的项目成果制作，比如效果图和规定的审批文件，因此项目可以提前推进。

不仅是建筑模型中设计信息的数字化集成，同步设计和施工图也和项目信息自然融为一体。即使正在编制施工图，更多熟练的设计人员也可以和项目团队中的制作人员同时展开工作，密切控制设计实施中的技术和细节决策——将参与者之间的信息损失降到最低。

(3) 更深的设计视野

参数 BIM 解决方案通过捕捉设计意图(建筑师设计方案背后的基本原理)来提出更好的设计，并在设计进程中将之植入施工图内，便于整个设计过程中其他人可以运用。

参数模型工具使用参数(数字或字符)来确定图形元体的行为，定义模型构件之间的关系，比如“此门必须位于此墙正中”。当捕捉到这类设计准则或意图时，原始设计意图会保留，即便模型发生变化。此外，模型本身也更容易编辑——改变尺寸文字会自动更新该模型图元和所有涉及的模型图元——反之亦然。编辑简便了，才可能对设计进行全面检查，从而使建筑有更好的设计。

由于在整个设计过程中使用同一建筑模型，模型中包含的多种设计想法——从早期方案阶段的构思到详图设计阶段的最终变化——都得以保留和实现。

复杂的建筑信息模型也能包含多个可选设计选项，在整个建筑模型内可供选择切换。BIM 解决方案保存着各设计版本中全部关联信息的记录，改变的内容很容易贯彻到整个模型及模型内所有的设计版本中。这些“活的”设计选择，使公司在设计过程的后期，都能快速探讨和改变项目设计，而不用担心产生的协调工作。

如前所述，协调工作及人工校对时间的减少，伴随工作效率的提高为设计赢得了更多的时间——设计团队得以把精力集中在更有意义的建筑设计方面。

(4) 附加设计功能

建筑信息模型中的建筑是个各种信息协调一致的整合型数据库。除了用图形来表达设计，在项目进行设计的过程中，许多用于专项设计功能和服务的数据是自然地采集的，而传统上完成那些服务会太繁琐或太过昂贵。由于建筑信息模型的完整性，能源分析、日照分析、集成结构分析和自动化规格管理这些设计工作都简化了。这样，新型的设计功能得以实现，并为拓展服务铺平了道路。

如图 3 这张日照分析图，是 Little Diversified 建筑咨询公司设计的南卡罗来

纳大学生活/学习中心，一幢 180000 平方英尺(约 1.67 万平方米)的“绿色”学生宿舍。

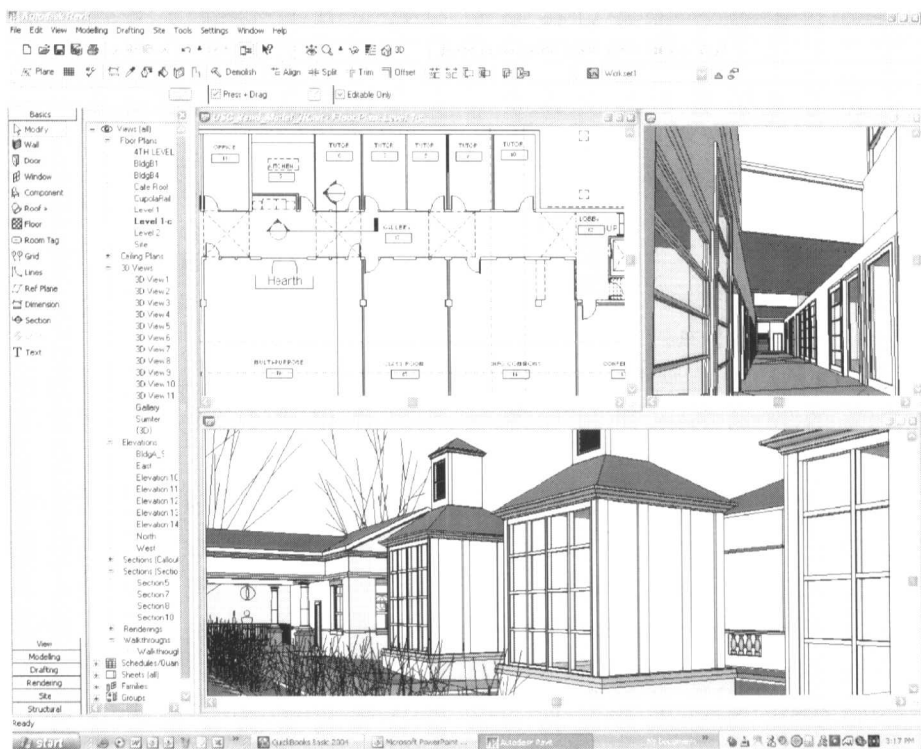


图 3 日照分析图

例如，随着建筑增长对环境的影响和能源涨价，可持续设计引起了高度关注。BIM 完美地适合可持续设计，能够进行复杂的设计评价和分析，在关键问题上支持可持续设计和“绿色”认证。

目前的情况，许多数字化建筑模型没有包含足够的信息来支持常规建筑性能分析和评价——而这是可持续建筑设计的基本模块。对传统的实体模型和图纸来说，在设计图纸成果基础上进行建筑性能评价，需要大量的人员参与和解读，导致公司自己进行能源分析时，成本过高，也过于耗时，只得将分析工作外包。其结果，建筑能源效能的信息只在项目的特定点才有，通常都太晚而无法支持项目的关键决策——对该项目设计的整体能源效率造成不利影响。

而建筑信息模型提供了极其完整的设计信息，达到必要的详细度和可信度，能在设计阶段的前期完成能源分析，使常规分析成为可能。另外，有些 BIM 解决方案集成了商业化的分析工具，使得严密的建筑分析更加容易——建筑师可以直接利用工具在设计过程的早期，通过多种能源效率设计的比较，得到及时的

反馈。

BIM 解决方案

(1) 建筑设计中的 CAD 和 Object(对象)-CAD 技术

20 世纪 80 年代早期,建筑师开始个人电脑的基础上使用 CAD 系统,几年之内,大部分施工图是电脑打印的而不再是手工绘制了。这种以几何为基础的技术现已在建筑行业应用了几十年,它将层和相关属性附加到几何图元,用于表达建筑附加的设计信息。

但最终生成的图文件只包含这个建筑项目的一小部分信息。此外,大型项目中,手工协调这些不同的文件和设计数据,任务非常艰巨。

随着个人电脑计算能力的提高,出现了更为高级的 Object(对象)-CAD 应用软件。这些系统中的数据“对象”——门,墙,窗,屋顶——在包含建筑图形数据的同时,也储存了建筑的非图形数据。这些系统支持三维的建筑几何模型,并从三维模型中生成二维图纸。

然而 Object(对象)-CAD 系统仍然是以 CAD 为基础的,用基本的图形文件存储和管理数据。它们还是强调建筑图形,因此不能最优地创建和管理建筑信息。

(2) 参数建筑建模

如前所述,参数建筑模型将设计模型(几何形状和数据)与行为模型(变更管理)合并起来。整个建筑模型和整套设计文件是个集成的数据库,所有内容都是参数化和相互关联的。

参数建模对于 BIM 至关重要,因为这种技术产生“协调的、内部一致的而可运算的建筑信息”,那是 BIM 的核心特征。使用参数建模工具,专为 BIM 定制的应用软件,如 Revit,通过设计,利用对软件的自然操作,传达这类信息。如果使用 CAD 或 Object CAD BIM 解决方案,信息的图形表达(图纸或渲染图)或许看起来和定制的参数化建筑建模工具的输出形式差不多,但结果却大不相同。

图 4 反映了 CAD、Object CAD 和参数建筑建模的总体效果比较,估算了使用这 3 种技术平台要获得建筑信息模型的全部利益与所需付出努力的比较。图中的水平虚线表示能反映建筑信息模型效能的最低效果。BIM 效能临界线以下是现有传统行业的情况,由传统的绘图和任务自动化来支持。临界线以上表示建筑信息模型效果的提高程度。

建筑信息模型几乎不采用 CAD 为基础的技术,如果囊括和协调不断变化的建筑信息,如表格、成本、设计范围和建筑性能等,CAD 要付出极大的努力。

更复杂的是:Object CAD 系统在选定的三维建筑图中,以某种逻辑结构保

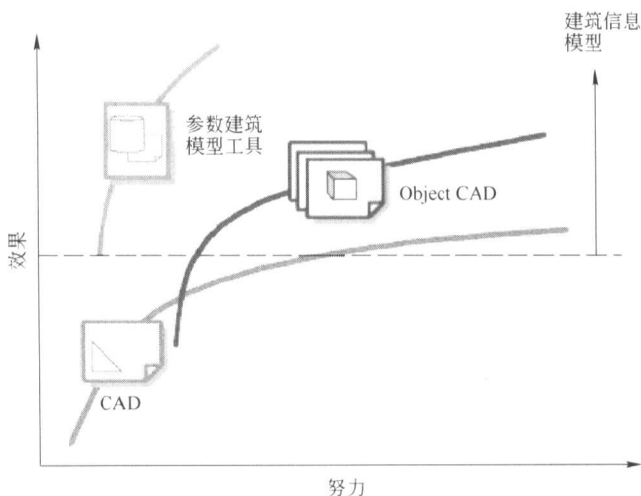


图4 为BIM服务的CAD、Object CAD和参数建筑建模技术总体效果比较

存了非图形的部分建筑数据。用户可以提取这些数据了解数量和属性信息，就像他们可以从三维图中提取二维图形那样。但 Object CAD 系统仍然是以图形操作为主，所以需要附加工具(和努力)使得图形和非图形数据保持同步。例如，设计中的一个改动，楼层平面图上增加一扇窗，并不会自动修改整个项目的所有相关内容。所有受影响的部分如表格、概预算等都需要艰苦的人工核对，可能有的需要更新。项目越大，协调数据所花的精力越多，而造成错误的风险就越大。

相比较而言，参数建筑建模工具可以轻松协调所有的图形和非图形数据——全部视图，图纸，表格等——因为它们都是数据库下的视图。仍以前面提到的窗户为例，当窗户置于墙体中距门 1m 远，模型保存了这种数据关系，如果门或者墙移动了，窗户会自动在它出现的所有视图和图纸中作相应的移动。所有相关尺寸也会作出更正。此外，图纸上尺寸的改动也能使建模更新。参数建模固有的双向联系性和即时性，及全面传递变动的特性，带来了高质量，协调一致，可靠的模型成果，是 BIM 的关键，使数据为基础的设计、分析和文档编制过程更加便利。

Autodesk 公司提供多种软件方案来联系和支持建筑行业的团队。AutoCAD，Autodesk Buzzsaw 和 Autodesk Revit 等软件工具可用于整个设计过程，从方案设计直到建筑物运营管理。尽管各公司可能以不同的方式使用解决方案，图 5 说明了建设工程生命周期中，各种 Autodesk 产品的标准用途。

案例研究

(1) Skidmore, Owings & Merrill LLP 公司(SOM)

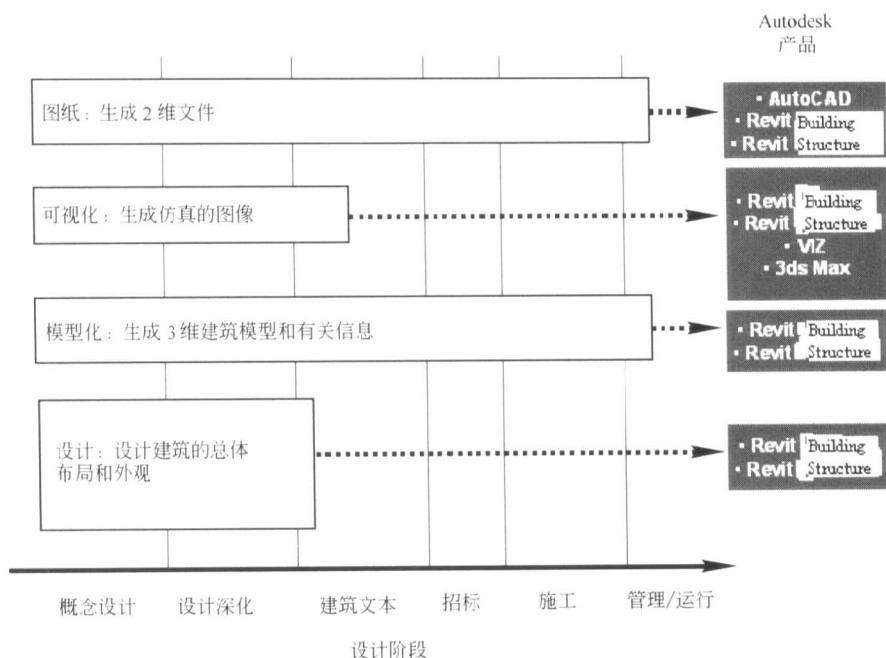


图 5 Autodesk 的产品在整个建设工程生命周期中可用于实现多种功能

Skidmore, Owings & Merrill LLP (SOM) 公司是世界顶尖的建筑事务所之一，创办于 1936 年，主要从事建筑设计、城市规划、工程设计以及室内设计。SOM 至今已在世界上 50 多个国家中完成了 10000 多个建筑设计、工程设计、室内设计和规划项目。其代表作包括美国现今第一高楼的建筑设计和结构设计——芝加哥 109 层的西尔斯大厦。SOM 还设计了位于纽约的利华公司办公大厦，创建了办公楼设计的新语汇，为全世界建立了办公室设计的标准。其他代表性建筑有美国空军军官学校；位于芝加哥的建筑面积 280 万平方英尺、100 层的约翰·汉考克大厦；上海 88 层的综合性大厦——金茂大厦；以及位于旧金山，建筑面积 100 万平方英尺的美国银行全球总部。

由于其对摩天大楼设计的非凡的专业能力，SOM 成为世贸中心原址上兴建一号楼的建筑设计单位。SOM 入选自由塔项目的设计，得益于该公司建筑技术应用的精炼和对设计质量的保证。

SOM 运用 Autodesk 的建筑信息模型进行自由塔的设计。99% 的方案设计 (2004 的 9 月发表) 是用 Autodesk Revit 完成的，如图 6 所示。

自由塔运用最高的设计标准，安全性和技术，因此将成为世界最高的建筑。大厦有 70 层楼和 250 万平方英尺的办公面积及公共空间，建筑设计的复杂几何



图6 自由塔设计
(SOM 建筑事务所, 渲染软件: dbox)

考验设计队伍用传统二维方式表达建筑造型的能力。作为 SOM 长期的技术伙伴, Autodesk 建议设计师们如何最优地通过技术与协同, 来创建、管理和共享自由塔项目中的信息。SOM 使用几种 Autodesk 的产品, 包括 Autodesk Buzzsaw® 专业版和一系列设计软件, 从 AutoCAD® 到 Autodesk Revit, 帮助这个美国新的城市标志性建筑实现最高的设计品质。

像任何复杂项目一样, 自由大厦的设计协调工作是个重大挑战。为了简化这个过程, 设计团队推行了建筑信息模型, 使设计、工程和制作团队都在同一套数据上进行工作。经过对各种软件的选型, SOM 选择了 Autodesk Revit 作为这个项目的建筑信息模型方案, 因为它容易使用、视图完全关联、具备表格能力和其他产品集成。

由于 AutoCAD 的辅助, Revit 一开始只是用于该建筑复杂的地下层。体验了 Revit 强大的功能以后, 设计小组渐渐拓展了它的使用, 到塔楼的较低楼层和核心筒、结构、外墙、钢缆网、机械、电力和管道系统, 最后到整个项目。在 2004 年 9 月发布的设计方案中, 99% 是用 Revit 完成的, 其中包括 132 张图纸。初步设计始于 2005 年初, 整个项目预计将于 2009 年完工。

(2) Wimberly Allison Tong & Goo 公司(WATG)

1945 年以来, Wimberly Allison Tong & Goo (WATG) 建筑公司一直以替委托人及其客户创建特别的环境为目标, 该公司以宾馆、娱乐、休闲方面的设计作品著称。自从几年前 Autodesk Revit 和 Autodesk Buzzsaw 两个软件首次发布以来, WATG 一直用其进行工程项目设计。目前, 该公司已经设立了 6 个办事处(檀香山、新港、西雅图、奥兰多、伦敦和新加坡), 雇员超过 300 人, 参与全球 50 个国家的项目设计。

最近, WATG 公司使用了 Revit 和 Buzzsaw 设计 Timberland Sports 及 1100 万美元的乡村俱乐部项目 Nature Club(图 7), 这是 Timberland Heights 项目的一部分, 一个低环境冲击, 完整规划的社区, 位于菲律宾马尼拉市的外缘。



图 7 WATG 使用 Revit 及 Buzzsaw 设计的菲律宾乡村俱乐部项目

这个约 14000m^2 , 位于山坡上的复杂项目(正在建造中), 将具有适合各年龄层和不同喜好的各类的室内、室外休闲活动设施, 诸如篮球、网球、短拍球、体操、SPA、客房、酒吧、餐厅、游泳池、散步道、野餐、露营区。

WATG 用 Revit 作为整个设计程序主要的生产工具, 在方案设计初期, 也可以利用现有的 AutoCAD 场地方案及早期的建筑规划。事实上最初的场地模型仅用了半天的时间(导入三维 DWG 的场地图纸及二维的建筑区域), 这使 WATG 的设计师可以快速优化建筑在陡峭山坡地上的位置。单是场地计划, 就替客户节省了约 750000 美元。

Revit 使一个很小的设计团队(一个, 或是两个设计师)可以在 4 个月内完成

方案设计和初步设计。Revit 提供的图纸内容的准确性和可视化证明是无价的。它使设计团队即时看到变更产生的影响,并且协助客户在项目演进过程中,清楚地看到设计的重要信息。Buzzsaw 用来进行 Revit 项目文件的移动及其他项目信息的交流。通过这样的方法,帮助设计团队在不同的时区和地区之间与客户协同作业。

作为资深用户,WATG 很重视 Revit 和 Buzzsaw 对他们工作的影响,他们相信这些产品会在建设工程生命周期资产管理的前瞻性发展趋势中,扮演核心角色。这两个工具使得流程顺畅,并且丰富了建设工程生命周期的各个阶段——从设计、施工到运营和维护,包括扩建和改建——为设计、管理和交流提供了强大的环境支持。此外,WATG 相信运用 Revit 及 Buzzsaw 创建和管理智能化的建筑信息,可以保证在整个建筑生命周期中大量成本和时间的节省,以及英明决策的制定——从而为客户在后续的运营管理、维护和改进等方面利用这些数据,提供了无限可能。

(3) HIP 建筑师事务所

HIP 是一家拥有 25 名员工的设计公司,位于加拿大中部,设计和追求以人为本的建筑空间——该公司 60 多年来,以推崇设计、质量、创新而享有盛名。公司设在阿尔伯达省的埃德蒙顿,HIP 用 Autodesk Revit 为加拿大国际在加拿大 Jasper 国家公园设计一家新旅店(图 8)。由于靠近联合国教科文组织认定的世界文化遗址,该旅店的可持续设计体现了国际旅店集团对环境保护的承诺。该旅店共 3 层,建筑面积 18000 平方英尺,最多可容纳 120 位旅客,设计融入了新的可持续特征如“绿色屋顶”,并按照 LEED(能源与环境设计指南)绿色建筑评级体系的黄金标准来设计,这个可持续设计标准在北美被广泛接受。

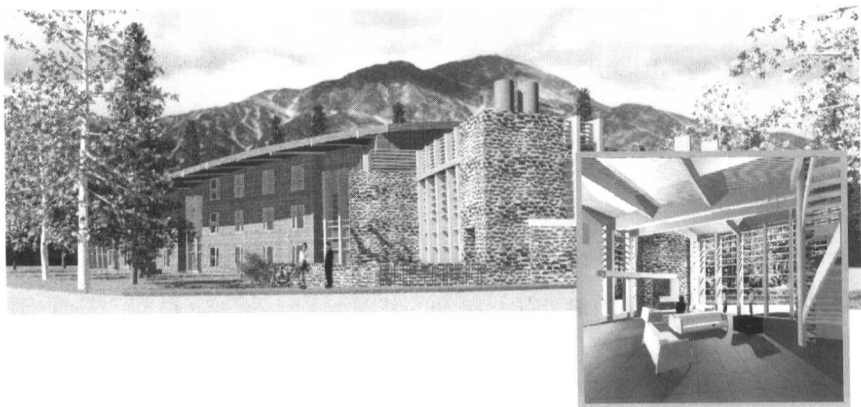


图 8 HIP 建筑师设计的将建于加拿大 Jasper 国家公园的一家旅店