



# 土木建筑工程CAE

## 第三章 建筑信息模型

清华大学土木工程系

胡振中

邮箱: [huzhenzhong@tsinghua.edu.cn](mailto:huzhenzhong@tsinghua.edu.cn)

个人网站: <http://www.huzhenzhong.net>



# 第三章 建筑信息模型

---

3-1 研究背景及定义

3-2 BIM研究与应用现状

3-3 BIM发展趋势



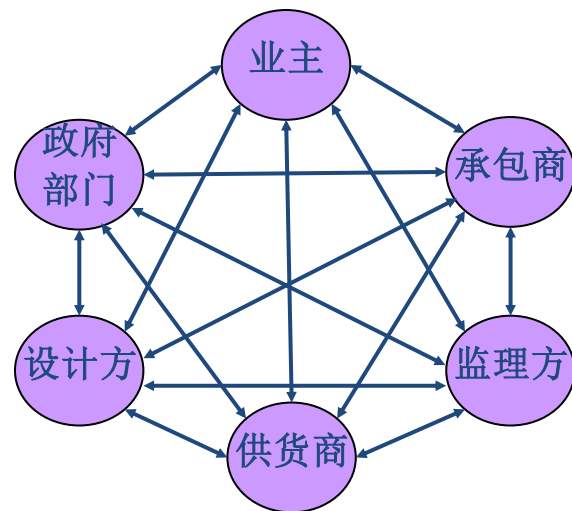
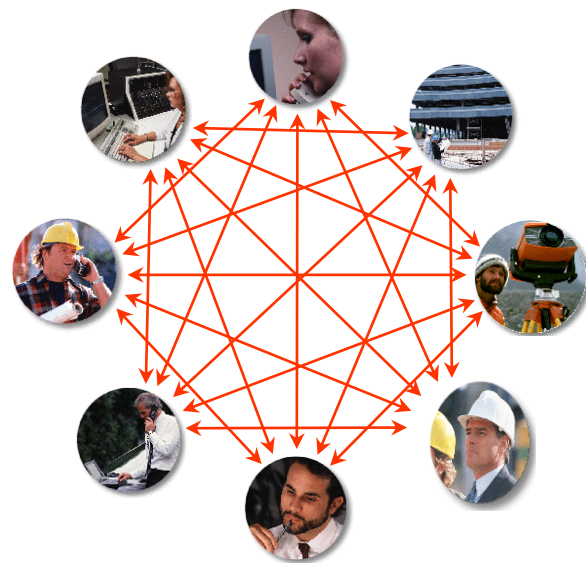
## 3-1 研究背景及定义

### 研究背景

- 问题的提出

- 产业结构的分散性

- 一个工程项目牵涉多个独立的参与方；
- 信息来自众多参与方，形成了多个工程数据源；
- 导致了大量分布式异构工程数据，难以交流、无法共享，造成各参与方之间信息交互的种种困难。





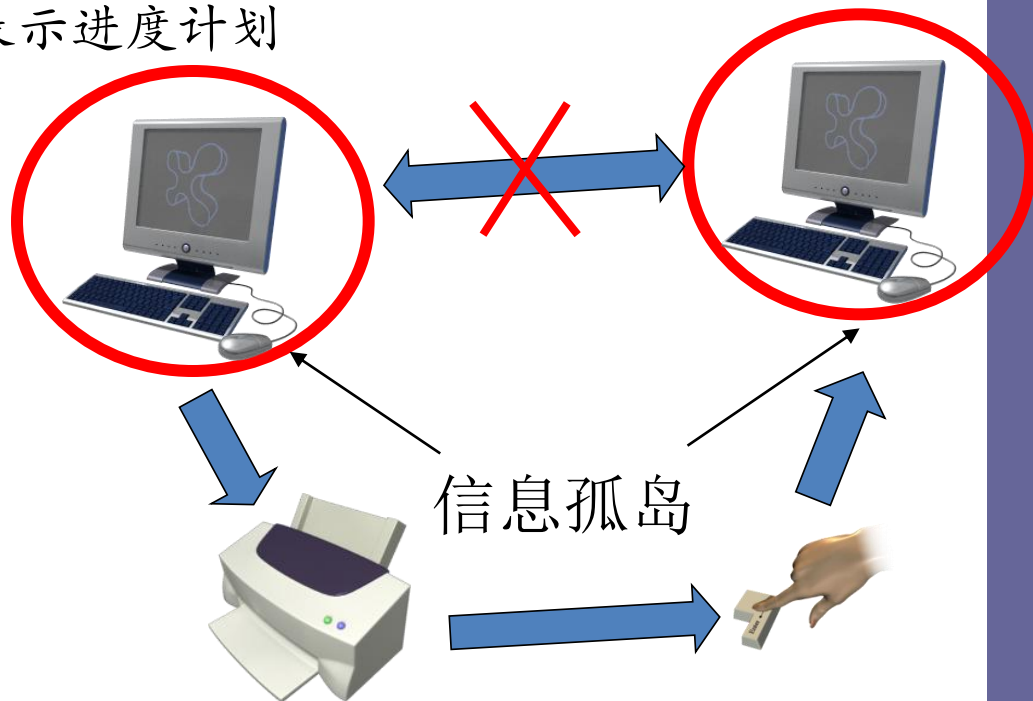
## 3-1 研究背景及定义

### - 信息交流手段落后

- 工程项目管理过程中，相关数据主要采用估量统计、手工编制、人工报表和文档传递。各参与方之间的信息交流仍基于传统的纸质文档；
- 使用二维图形表达设计结果，用传统的横道图和直方图表示进度计划与资源计划。

- 工作量大、效率低，难以保证信息及时有效传递；
- 建筑业专业应用软件中的“信息孤岛”；
- 建筑生命期不同阶段之间的“信息断层”。

- 难以清晰地表达动态变化过程；
- 采用信息化手段进行信息传输和交流时，容易造成误解，导致信息歧义、失真和错误。





## 3-1 研究背景及定义

### • 研究思路

- 从根本上解决建设项目规划、设计、施工以及维护管理等各阶段应用系统之间的信息断层，实现全过程的工程信息集成和管理。
  - 2D/3D CAD技术，都是基于几何数据模型：
    - 模型中对象之间不存在关联关系；
    - 相关的勘察、结构、材料以及施工等工程信息无法直接交流。
  - 研究新的信息模型理论和建模方法，在3D几何模型基础上建立面向建设项目全生命周期的**工程信息模型**。
- 对于建筑工程领域，即为**建筑信息模型**，简称**BIM** (Building Information Model) 。



## 3-1 研究背景及定义

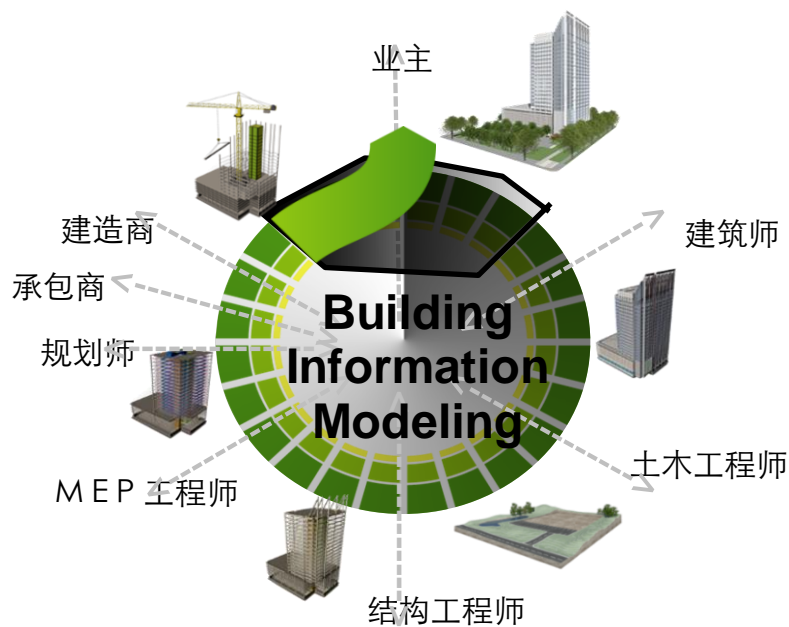
- 研究如何深层次利用工程信息，进行工程项目的信息化管理。
  - 对建设项目生命期各阶段的工程性能、质量、安全、进度和成本进行集成化管理：
  - 对建设项目生命期总成本、能源消耗、环境影响等进行分析、预测和控制。
  - 实现**建设项目生命期管理**。
  - 对于建筑工程领域，即为**建筑生命期管理**，简称 **BLM (Building Life-Cycle Management)** 。



## 3-1 研究背景及定义

### ◆ BIM的定义

- **产品** (Building Information Model) : 即建筑信息模型, 以三维数字技术为基础, 集成了建筑工程项目各种相关信息的工程数据模型, BIM是对工程项目设施实体与功能特性的数字化表达。”(美国国家标准技术研究院)



**辨析一：BIM ≠ 3D模型**

- **过程** (Building Information Modeling) : 即建筑信息建模, 指建筑信息模型的建模和应用过程, 也常用来指代与之相关的建筑信息模型技术、平台、软件和工具。



## 3-1 研究背景及定义

### ◆ BIM的定义

#### • 建筑模型

- 包括建筑组件（Component）以及它们之间的空间的与非空间的关系，即数量巨大的组件及其复杂的拓扑关系。
  - 空间信息，如建筑构件的空间位置、大小、形状以及相互关系等；
  - 非空间信息，如建筑结构类型、施工方案、材料属性、荷载属性、建筑用途等。

#### • 过程模型

- 指建筑物运行的动态模型，它将与建筑组件相互作用。
- 不同程度的影响到建筑组件在不同时间阶段的属性，甚至会影响到建筑成份本身的存在与否。

#### • 人决策模型

- 人类行为对建筑模型与过程模型所产生直接的和间接的作用的数值模型。

**辨析二：**  $BIM > (3D + Data)$



## 3-1 研究背景及定义

### ◆ BIM的内涵

- 连接建筑生命期不同阶段的数据、过程和资源，是对工程对象的完整描述，可被建设项目各参与方普遍使用。
- 建立单一工程数据源，解决分布式、异构工程数据之间的一致性和全局共享问题，支持建筑生命期动态的工程信息创建、管理和共享。

**辨析三：**基于文件的信息交换与  
基于BIM的信息共享有本质区别



## 3-1 研究背景及定义

### ◆ BIM的特征（清华大学张建平教授，2006）

#### — 模型信息的完备性

- BIM包含工程对象3D几何信息和拓扑关系的描述
- BIM包含完整的工程信息描述
  - **设计信息**：结构类型、建筑材料、工程性能等
  - **施工信息**：施工工序、进度、成本、质量以及人力、机械、材料资源等
  - **维护信息**：工程安全性能、材料耐久性能等
  - **关联信息**：对象之间的工程逻辑关系等
- BIM是一个完备的单一的工程数据集，不同用户可从这个单一的数据集中获取所需的数据和工程信息



## 3-1 研究背景及定义

### — 模型信息的关联性

- BIM中的对象是可识别且相互关联的
- 如果模型中的某个对象发生变化，与之关联的所有对象都会随之更新
- 系统能够对模型的信息进行分析和统计，并生成相应的图形和文档
- BIM能根据用户指定的方式进行显示。
  - 在二维视图中生成各种施工图，如平面图、剖面图、详图等
  - 展示为不同的三维视图，生成三维效果图



## 3-1 研究背景及定义

### — 模型信息的一致性

- 在工程生命期的不同阶段模型信息是一致的，同一信息无需重复输入
- 信息模型能够自动演化，模型对象在不同阶段可以简单地进行修改和扩展，而无需重新创建，从而减少了信息不一致的错误
  - 方案设计阶段，道路的表现形式是单一中心线
  - 初步设计阶段，道路用完整的中心线、路缘、路肩和道路红线表示
  - 施工图设计阶段，道路需要用完整、详细的道路图纸和模型表示

在设计过程中，这些道路信息无需重新输入或多次输入，对中心线对象可以简单地进行修改和扩展，以包含下一阶段的设计信息，并与当前阶段的设计要求保持细节一致。



## 3-1 研究背景及定义

### ◆ BIM的关键点

- 基于三维模型
- 三维模型之间存在着关联关系
- 三维模型中除了几何信息外，还包括各种其他工程信息
- 其目的是面向建筑全生命期的信息共享和传递
- 可且应当作为一个工程项目唯一的数据源



## 3-1 研究背景及定义

### ◆ BIM的价值

- **实现建筑全生命期的信息共享：**可支持建筑项目信息在规划、设计、建造和运行维护全过程无损传递和充分共享，使项目的所有参与方协同工作，大幅提高信息交流效率，实现工程项目精细化管理
- **实现建筑全生命期的可预测和可控制：**可支持建筑环境、经济、耗能、安全等多方面的分析和模拟，实现虚拟设计、建造、管理以及建筑生命期全方位的预测和控制
- **促进建筑业生产方式的改变：**可支持设计与施工一体化，避免建筑工程“错、缺、漏、碰”现象的发生，减少资源浪费，促进建筑业生产方式的变革，带来巨大的经济和社会效益
- **推动建筑行业工业化发展：**能够连接建筑生命期不同阶段的数据、过程和资源，支持建筑行业产业链贯通；制造、运输、装配等全过程模拟及跟踪手段，为工业化建造提供技术保障，支持建筑行业工业化发展



## 3-2 BIM研究与应用现状

### 热：国内外建筑业信息技术研究热点

#### ■ 国外

- **标准**：国际协同工作联盟IAI发布建筑产品数据表达标准IFC- **BIM标准**
  - **美国、欧洲、新加坡**等国家相继推出了本国的BIM标准。
- **政策**：许多国家政府和行业制定了BIM应用政策和指南
  - **美国**要求在所有政府项目中推广使用IFC标准和BIM 技术。
- **技术**：BIM建模、信息集成交换、BIM应用技术等
  - **国外大学和研究机构**：Stanford大学、Salford大学等。
  - **国际刊物和会议**：BIM成为论文主题，比例逐年快速增加。
- **软件**：BIM服务器、BIM应用软件
  - **国外主流软件厂商**：Autodesk、Bentley、Graphisoft等。
- **应用**：美国**300强**建筑企业**80%**、北美**50%**项目、芬兰**93%**建筑师



## 3-2 BIM研究与应用现状

### ■ 国内

#### — 政策

- 住房建部将“**加快BIM等新技术在工程中的应用**”列入“十二五”建筑业信息化发展的总体目标和重要任务之一。
- 住建部工程质量安全监管司：开展“**我国BIM发展对策研究**”、“**我国推进BIM应用的指导意见**”

#### — BIM标准

- 完成中国BIM标准框架
- 住建部标准定额司：5部BIM标准列入国家工程标准计划

#### — 科研

- 住建部科技司：“十五”、“十一五”和“十二五”、863项目以及国家自然科学基金设立相关BIM研究项目
- 承担单位：中国建筑科学研究院、清华大学等

#### — 应用

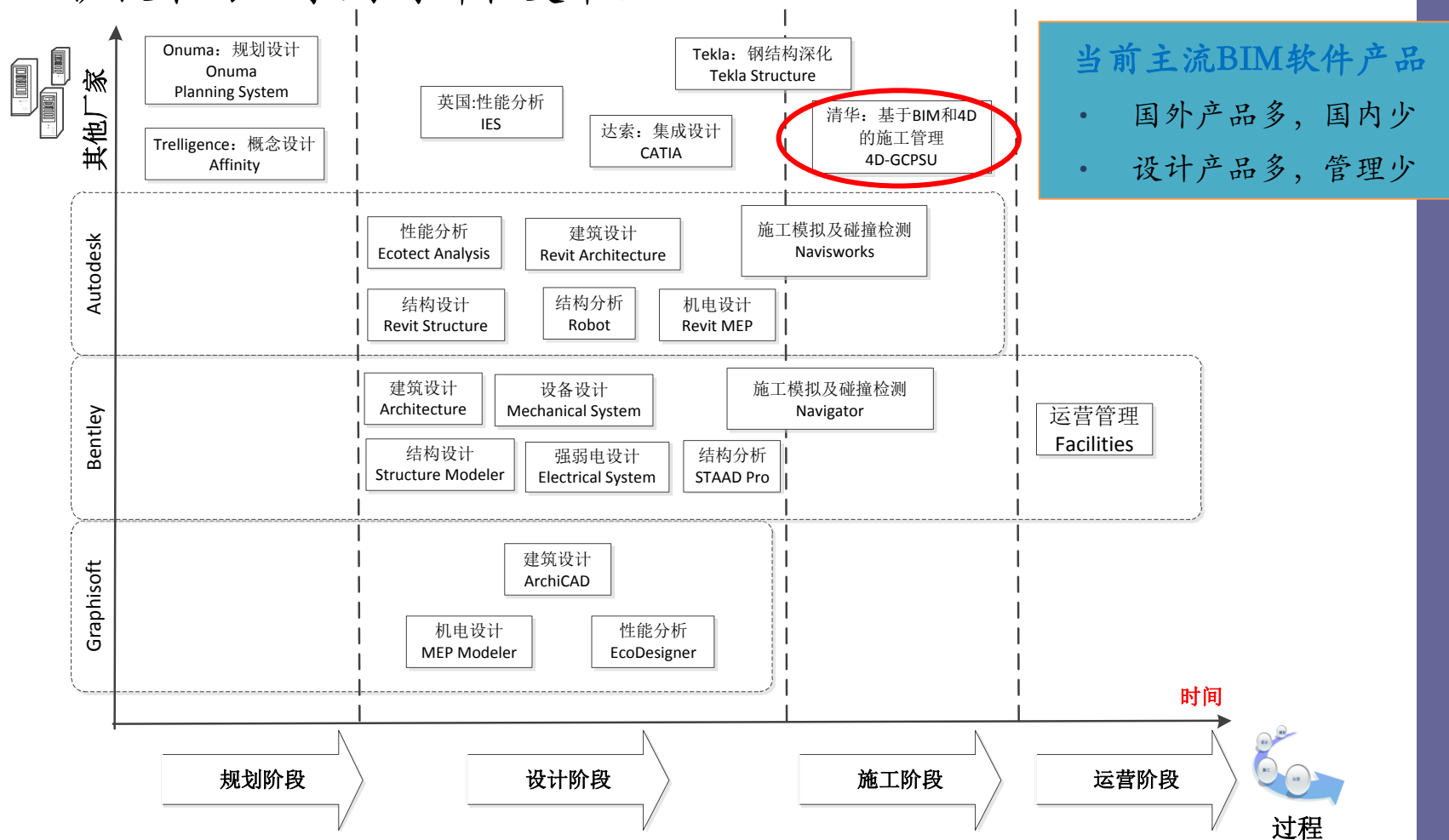
- 大型、复杂工程项目正在不同程度的应用BIM：国家体育场、上海中心、青岛海湾大桥、广州西塔、上海国际金融中心、昆明新机场等



## 3-2 BIM研究与应用现状

### 新：新的理念、技术和应用系统

- BIM是一种全新的理念，它涉及到从规划、设计理论到施工、维护技术的一系列创新和变革。





## 3-2 BIM研究与应用现状

**难：** BIM的商业炒作远大于实质应用

### ■ BIM建模难---应用BIM需额外增加成本

- 建筑业所固有的产业结构分散、产品多样形式唯一、信息海量复杂等特点，使得BIM的建模、存储和传递都异常复杂
- 国内缺乏成熟的BIM设计软件；国外软件专业不配套以及设计规范的限制，主要用于相关专业的BIM建模
- 工程设计仍以二维设计为主，设计中无法直接创建BIM模型，需要按照2D设计图纸另行建模



## 3-2 BIM研究与应用现状

**难：** BIM的商业炒作远大于实质应用

### ■ 施工和运维管理BIM应用难---技术和手段难以支持项目管理

- 设计BIM 传递到施工和运维阶段，缺乏合适的平台和工具添加和集成施工和运维信息，难以形成支持施工及运维管理的信息模型
- BIM应用软件不配套

### ■ BIM集成应用难 - 难以体现BIM在建筑全生命期中的应用价值

- 单项BIM应用多，成功的集成应用少，运维阶段BIM应用更少

### ■ BIM创新应用少 - 无法结合自身的应用需求

- 照搬他人的应用功能点和应用模式，缺少与自身需求紧密结合的单点应用和集成应用
- 没有自己的想法，使BIM应用沦为被动

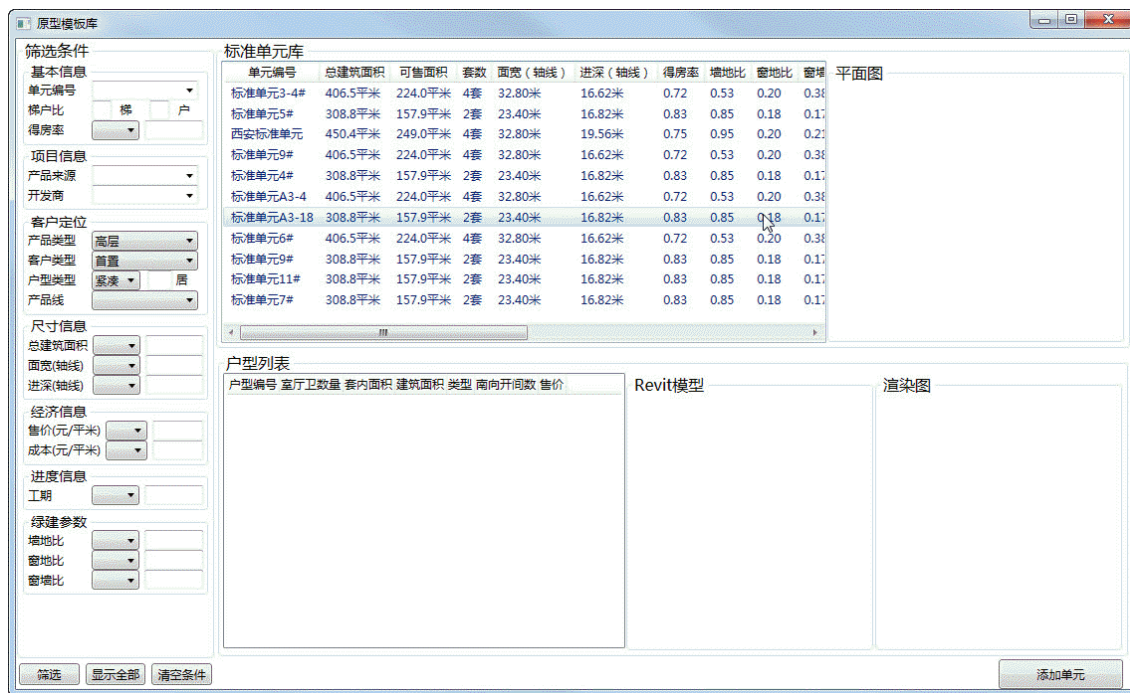


## 3-2 BIM研究与应用现状

### • 基于BIM的项目策划

#### ■ 基于BIM的标准单元库

- 建立建筑标准构件、户型的BIM模型库；
- 存储户型3D模型以及关联信息，包括项目信息，尺寸、面积、售价等基本信息，客户定位，性能及经济指标以及施工进度等



### 标准单元库管理

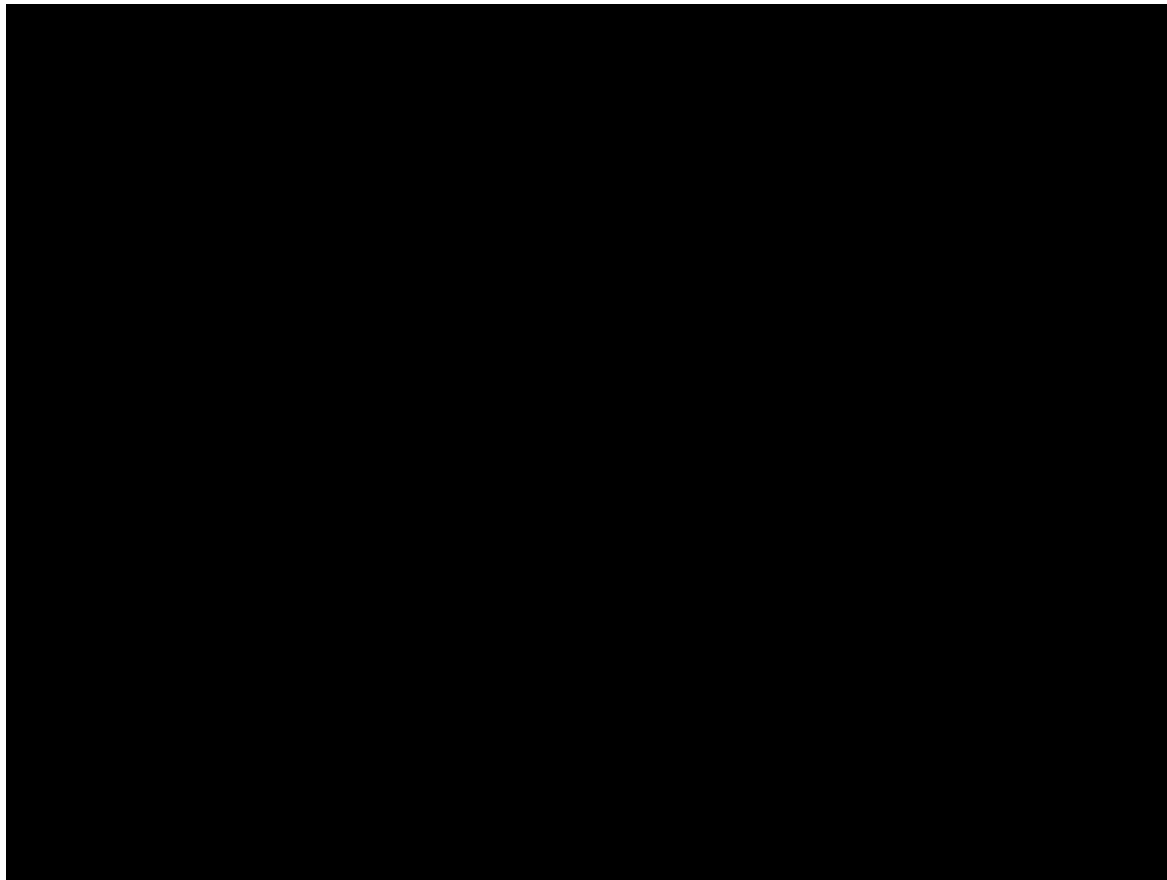




## 3-2 BIM研究与应用现状

### ■ 基于BIM的建筑项目快速方案建模

- 户型→标准层→单体建筑→小区模型
- 集成了品质、经济、进度、绿色性能等信息

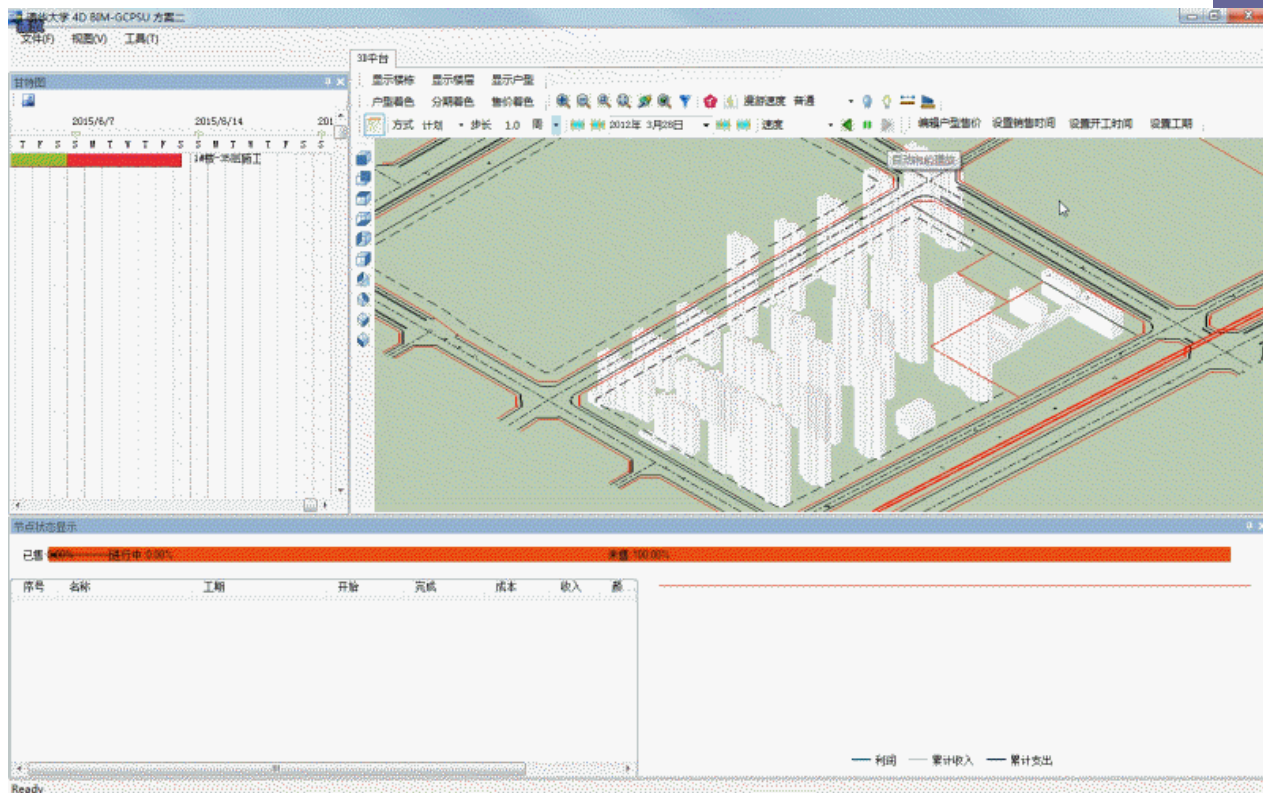




## 3-2 BIM研究与应用现状

### ■ 基于BIM的方案分析与模拟

- 性能分析、经济分析、品质分析、销售分析等；
- 4D施工进度 - 销售耦合模拟；
- 动态直观展示方案及可视化信息查询；
- 多方案对比



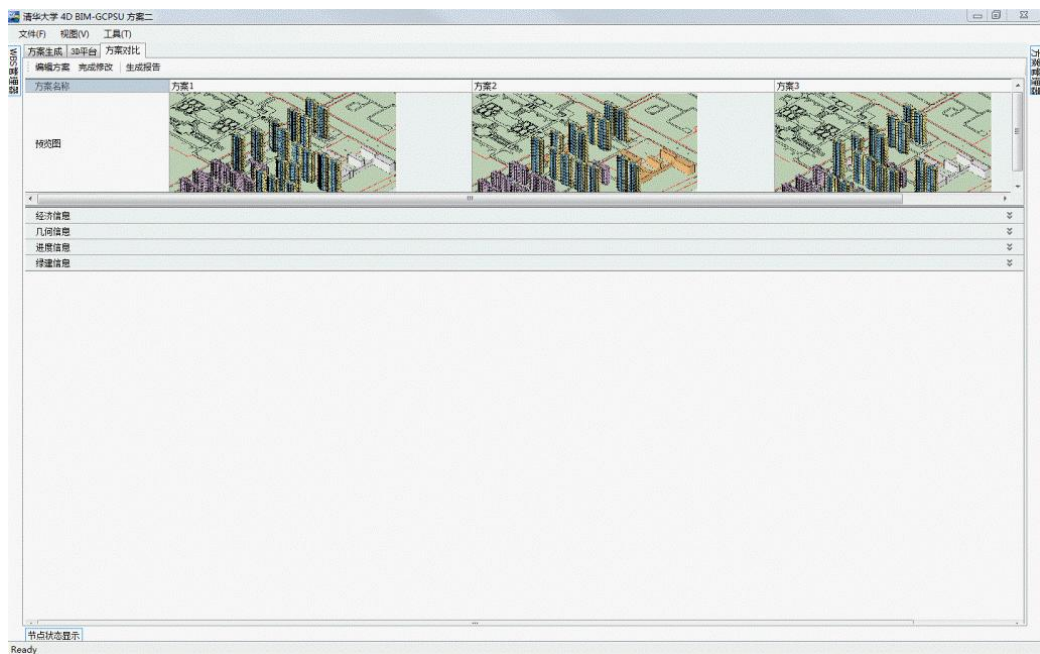
施工-销售  
4D耦合模拟



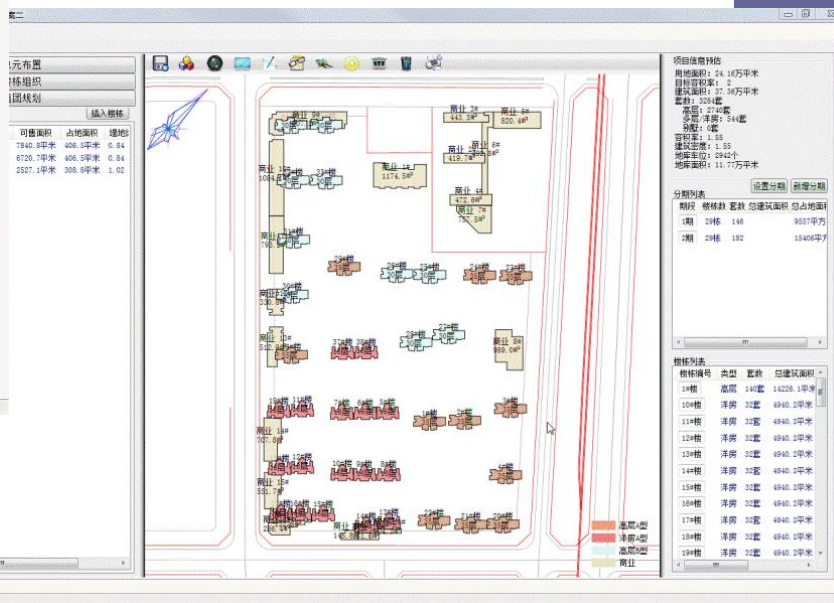
## 3-2 BIM研究与应用现状

### ■ 基于BIM的数字化成果交付

- 数字化方案成果包括项目策划书、总平面图、施工进度计划、测算表以及BIM模型，作为建筑方案设计基础，交付设计院。



方案成果交付



多方案对比



## 3-2 BIM研究与应用现状

- **基于BIM的工程设计**

采用具有BIM建模功能的CAD系统进行设计，又称信息化设计，为工程设计带来了第二次革命，从二维到三维设计及建造的革命。

- **实现三维设计**

- 能够根据3D模型自动生成各种图形和文档，而且始终与模型逻辑相关。当模型发生变化时，与之关联的图形和文档将自动更新。
    - 设计过程中所创建的对象存在着内建的逻辑关联关系。当某个对象发生变化时，与之关联的对象能随之变化。

- **实现不同专业设计之间的信息共享和协同设计**

- 各专业CAD系统可从信息模型中获取所需的设计参数和相关信息，不需要重复录入数据，减少数据冗余、歧义和错误。
    - 某个专业设计的对象被修改，其他专业设计中的该对象都会随之更新。

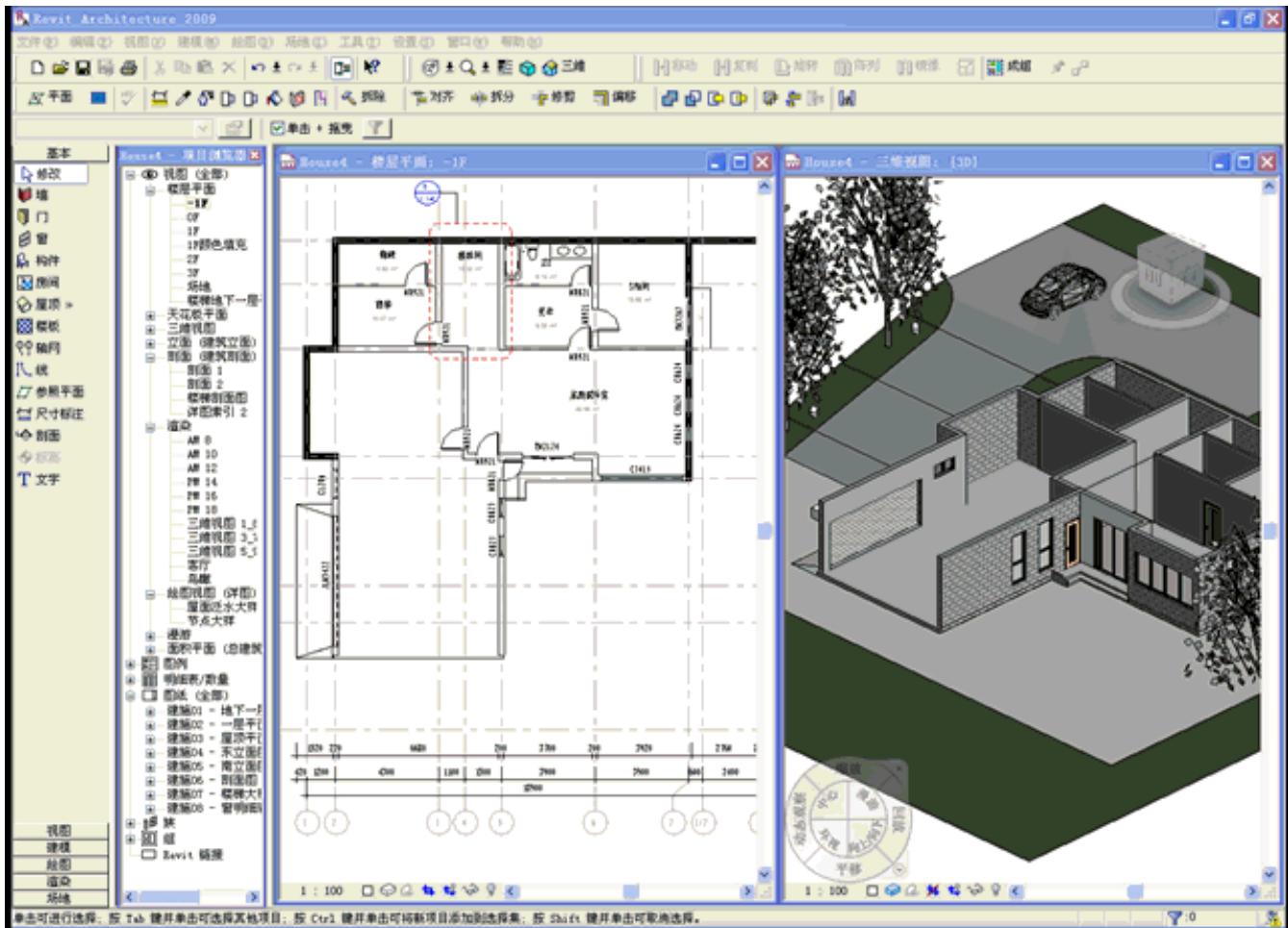
- **实现虚拟设计和智能设计**

- 设计碰撞检测，能耗分析，成本预测等。





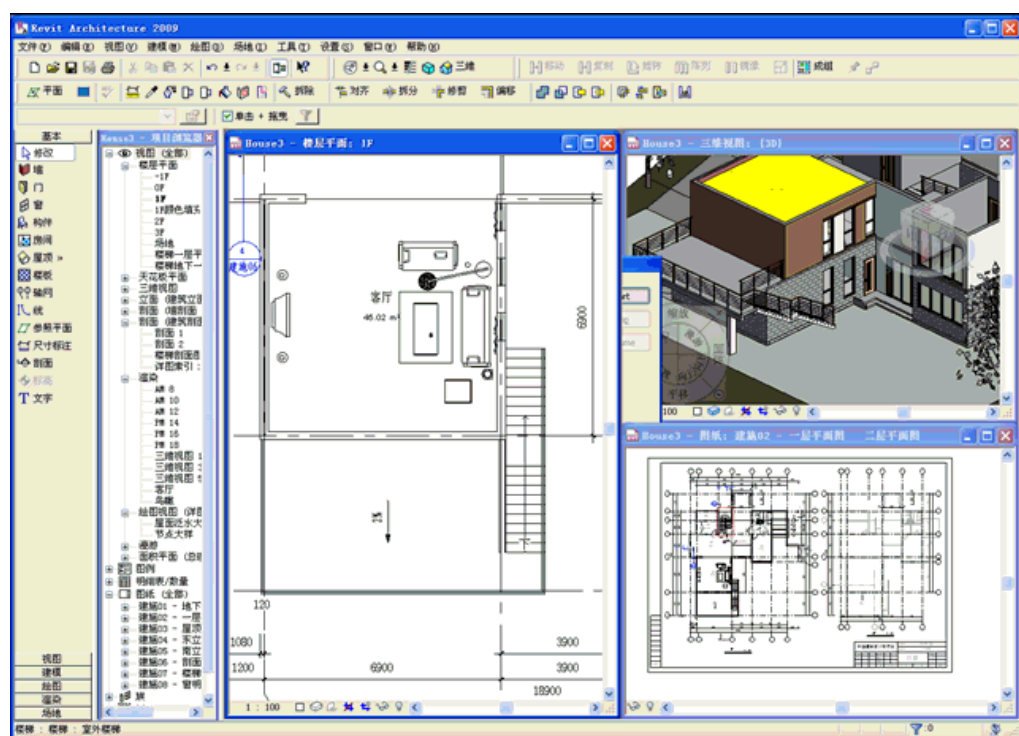
# 基于BIM建筑设计软件Autodesk Revit



三维设计

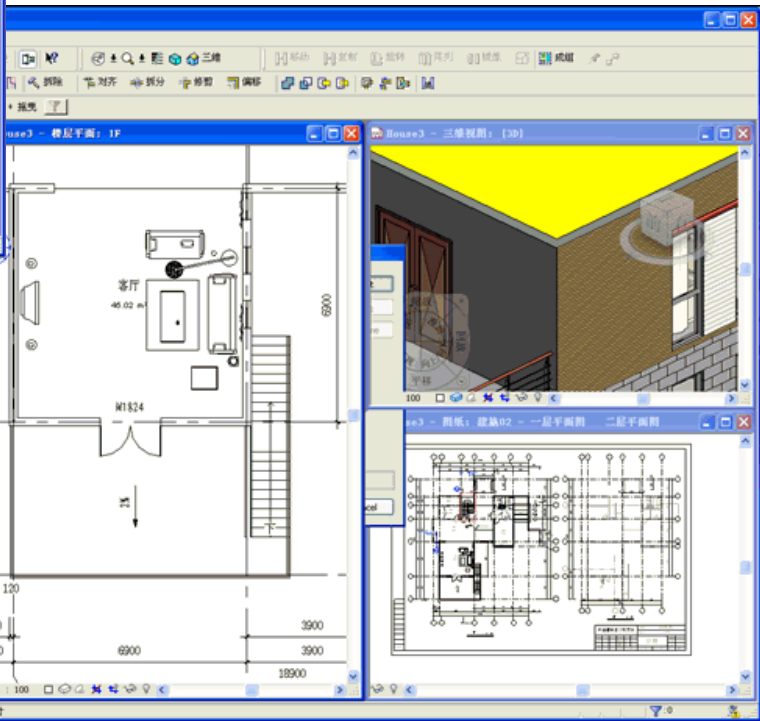


# 基于BIM建筑设计软件Autodesk Revit



构件属性查询

模型与图纸联动





## 3-2 BIM研究与应用现状

- 基于BIM的施工及管理

- 集成项目交付IPD（Integrated Project Delivery）管理

- 把项目主要参与方在设计阶段就集合在一起，着眼于项目的全生命期，利用BIM技术进行虚拟设计、建造、维护及管理。

- 实现动态、集成和可视化的4D施工管理

- 将建筑物及其施工现场3D模型与施工进度相链接，并与施工资源和场地布置信息集成一体，建立4D施工信息模型。

- 实现建设项目施工阶段工程进度、人力、材料、设备、成本和场地布置的动态集成管理以及施工过程的可视化模拟。

- 实现项目各参与方协同工作

- 项目各参与方信息共享，基于网络实现文档、图档和视档的提交、审核、审批及利用。

- 项目各参与方通过网络协同工作，进行工程洽商、协调，实现施工质量、安全、成本和进度的管理和监控。



## 3-2 BIM研究与应用现状

- 支持项目各参与方不同专业软件的数据交换和统一运行。
- 随着工程数据的积累，可以通过数据挖掘和知识发现，进行信息再利用，辅助企业决策支持。

### — 实现虚拟施工

在计算机上执行建造过程，虚拟模型可在实际建造之前，用于对工程项目的功能及可建造性等潜在问题进行预测。

- 施工方法实验：针对施工作业计划，提供接近实际的虚拟施工环境。以类似于现实施工的方式安排施工作业计划，并评估其有效性。
- 施工过程模拟：引入过程模拟和优化理论，研究限定施工资源和场地约束下的施工优化技术，实现施工过程模拟以及施工资源和场地的优化利用。
- 施工方案优化：施工前在计算机上完成多种吊装方案的实验和优化。

### — 投标方案与数字化交付

- 投标过程中应用BIM技术，提升方案演示效果和技术力量。
- 将实体与BIM集成交付，提升企业竞争力。



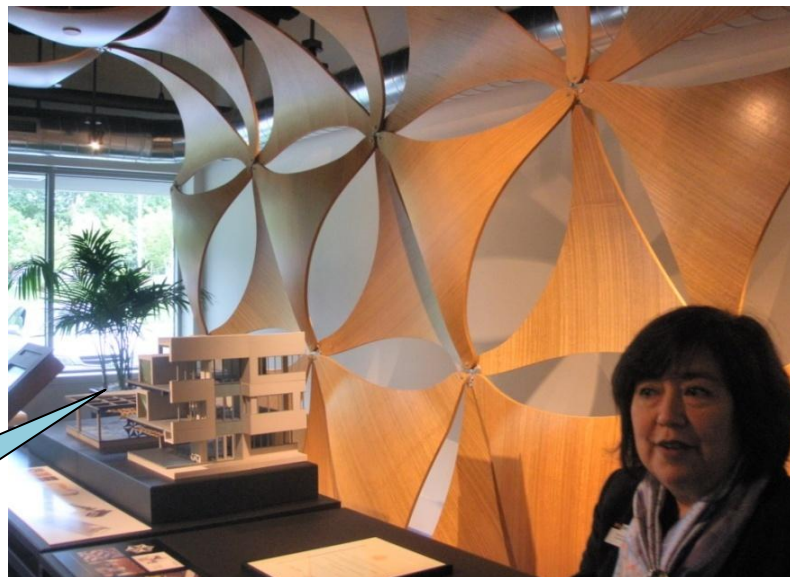


## 3-2 BIM研究与应用现状

### • 成功案例

美国Tocci施工公司承包Autodesk公司AEC总部办公楼改建工程，应用BIM和集成项目交付IPD管理

- 61000平方英尺的办公建筑，从设计到交付使用仅8个月
- 预算成本：\$220/SF - \$181/SF
- 比起预算该项目节约了65000美元
- 无工程变更
- 无索赔
- 无争端
- 无事故
- 节省37%的能量消耗。



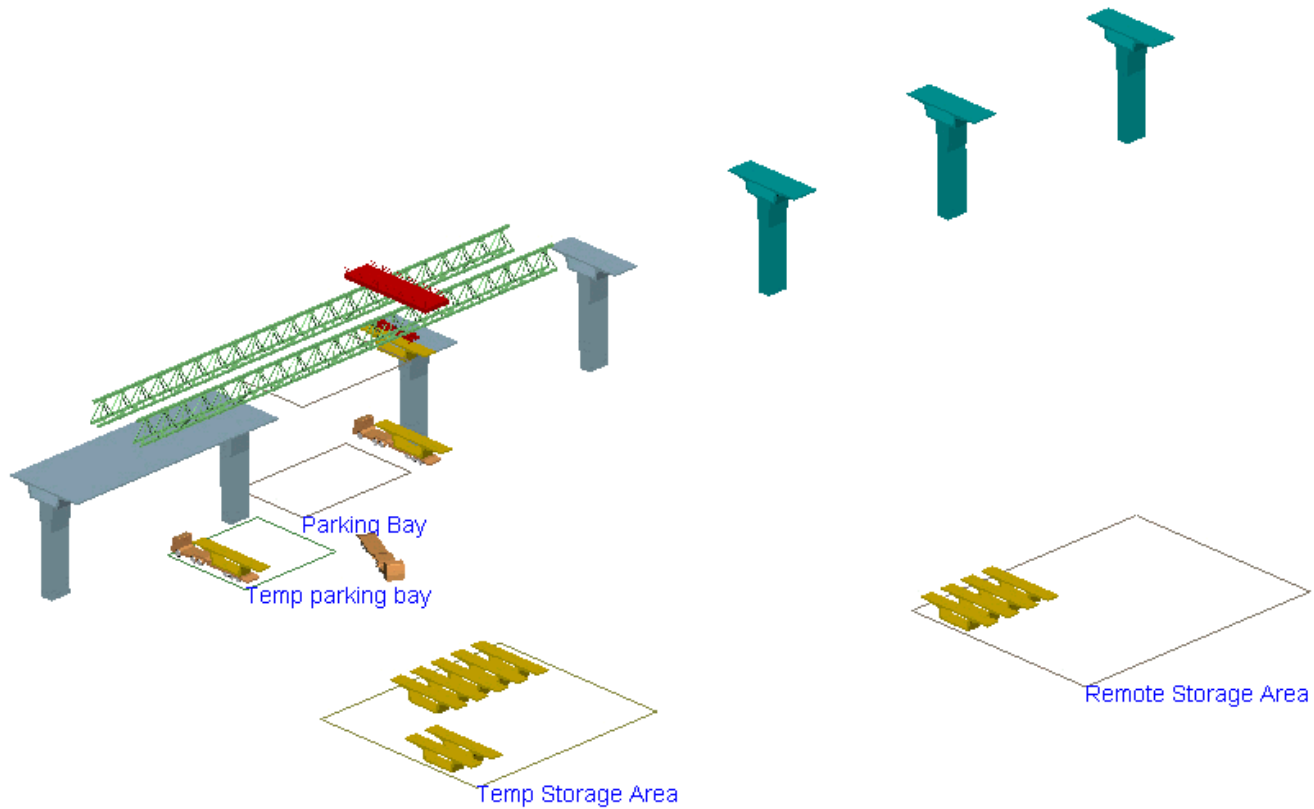
设计与施工一体化





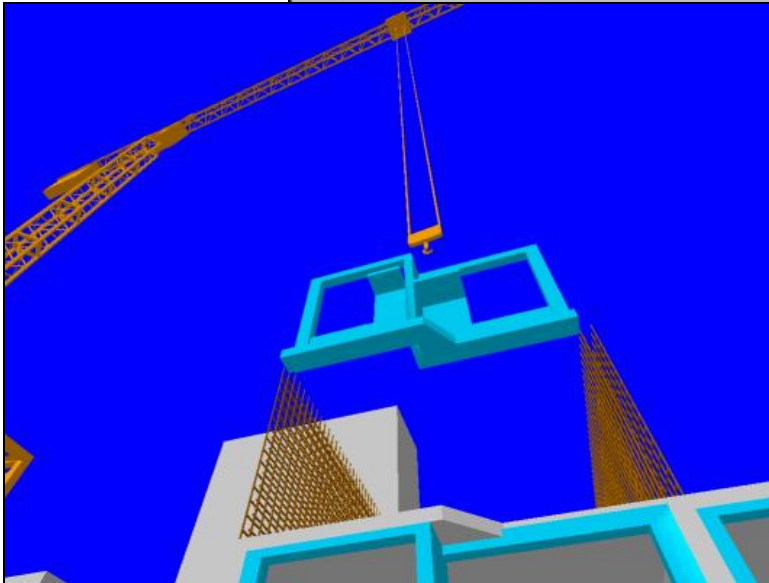
## 3-2 BIM研究与应用现状

Work unit ID(127): Lock to HB  
Work unit ID(128): Idle  
Work unit ID(129): Idle





## 3-2 BIM研究与应用现状





## 3-2 BIM研究与应用现状

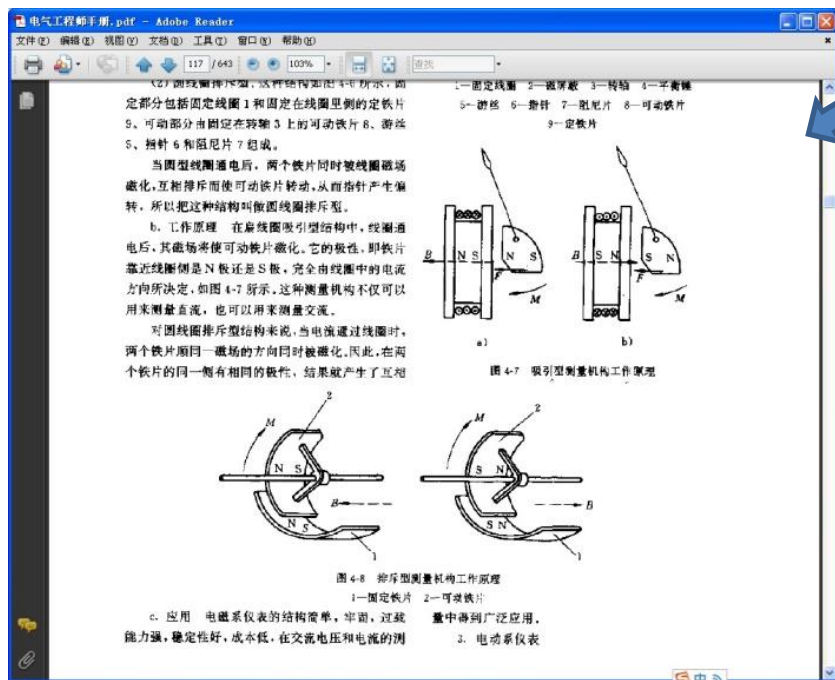
- **基于BIM的建筑运营维护管理**
  - 结合GIS和BIM，并与维护管理计划相链接，实现建筑物业管理与楼宇设备的实时监控相集成的智能化和可视化管理
  - 基于BIM的机电设备智能管理系统，实现设备维护与应急管理
  - 基于BIM进行运营阶段的能耗分析和节能控制
  - 结合运营阶段的环境影响和灾害破坏，针对结构损伤、材料劣化以及灾害破坏，进行建筑结构安全性、耐久性分析与预测



## 3-2 BIM研究与应用现状

### • 知识库管理

知识库中储存了设备操作文件、培训资料等等，为工作人员在操作设备时遇到的问题提供支持，也为新人的培训提供了帮助。



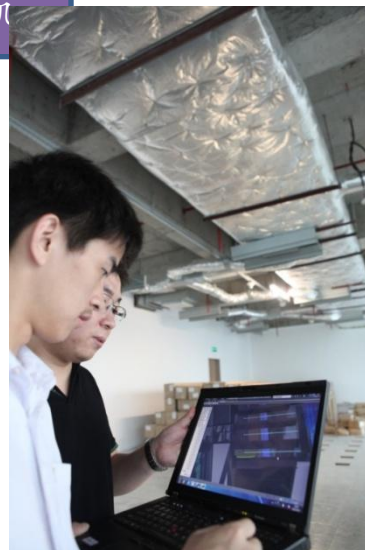


## 3-2 BIM研究与应用现状

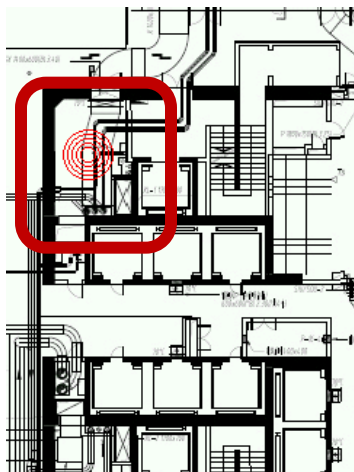
### • 应急处理

当出现紧急情况时，物业管理人员携带移动设备进入到现场进行紧急处理，移动设备通过接受RFID信号或者是扫描二维码信息获取出问题构件的信息以及其上下游的信息。快速的找到解决方案，同时也可以将计算机带入现场，通过模型定位，找到构件以及其上下游构件在三维模型中的位置。

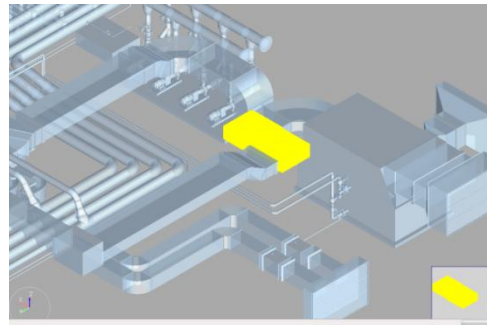
通过计算机



通过移动设备



条码详细信息	
构件编号	构件名
10213	高压配电柜
20512	低压配电柜
20654	动力配电箱
30472	照明配电箱
40852	接地箱
构件描述: AEB1F001F021	
查看图纸	
下游信息	
上游信息	
确定	取消





## 3-3 BIM发展趋势

- 基础研究

- IFC/IFD/IDM/MVD……
- 体系架构/编码分类/模型层次 (LOD)
- 模型信息表达/模型间的转换与信息共享机制
- 本体论/增强现实/并行处理/数据挖掘/人工智能
- 生态建筑 (Bio-Architecture/Bio-Structure)



## 3-3 BIM发展趋势

- 应用基础研究

- 三维图形平台
- BIM与云计算
- BIM与移动互联网
- BIM与物联网
- BIM与大数据

- BIM知识引擎

- 相关成果已经被《Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering》接收 (IF: 5.62)



## 3-3 BIM发展趋势

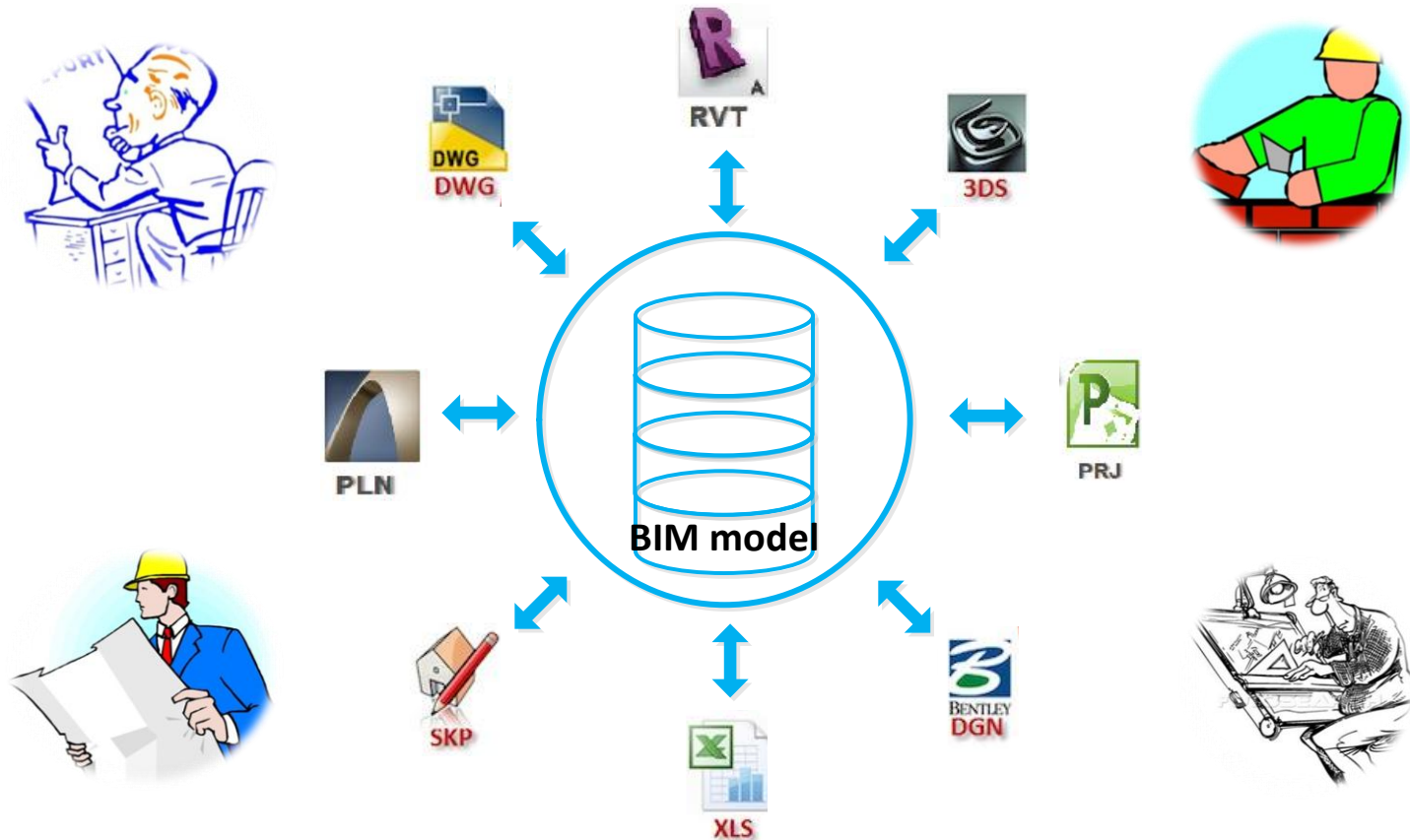
### • 应用研究

- BIM方案策划方法、平台研发与工程应用
- BIM协同设计技术、平台研发与工程应用
  - BIM与绿色建筑
- BIM施工管理、平台研发与工程应用
  - BIM与工厂化施工
  - BIM与总承包管理
- BIM运维管理、平台研发与工程应用
  - BIM与智能建筑
  - BIM与建筑自动化系统
  - BIM与智慧小区
- 集成平台研发与工程应用



## 3-3 BIM发展趋势——BIM知识引擎

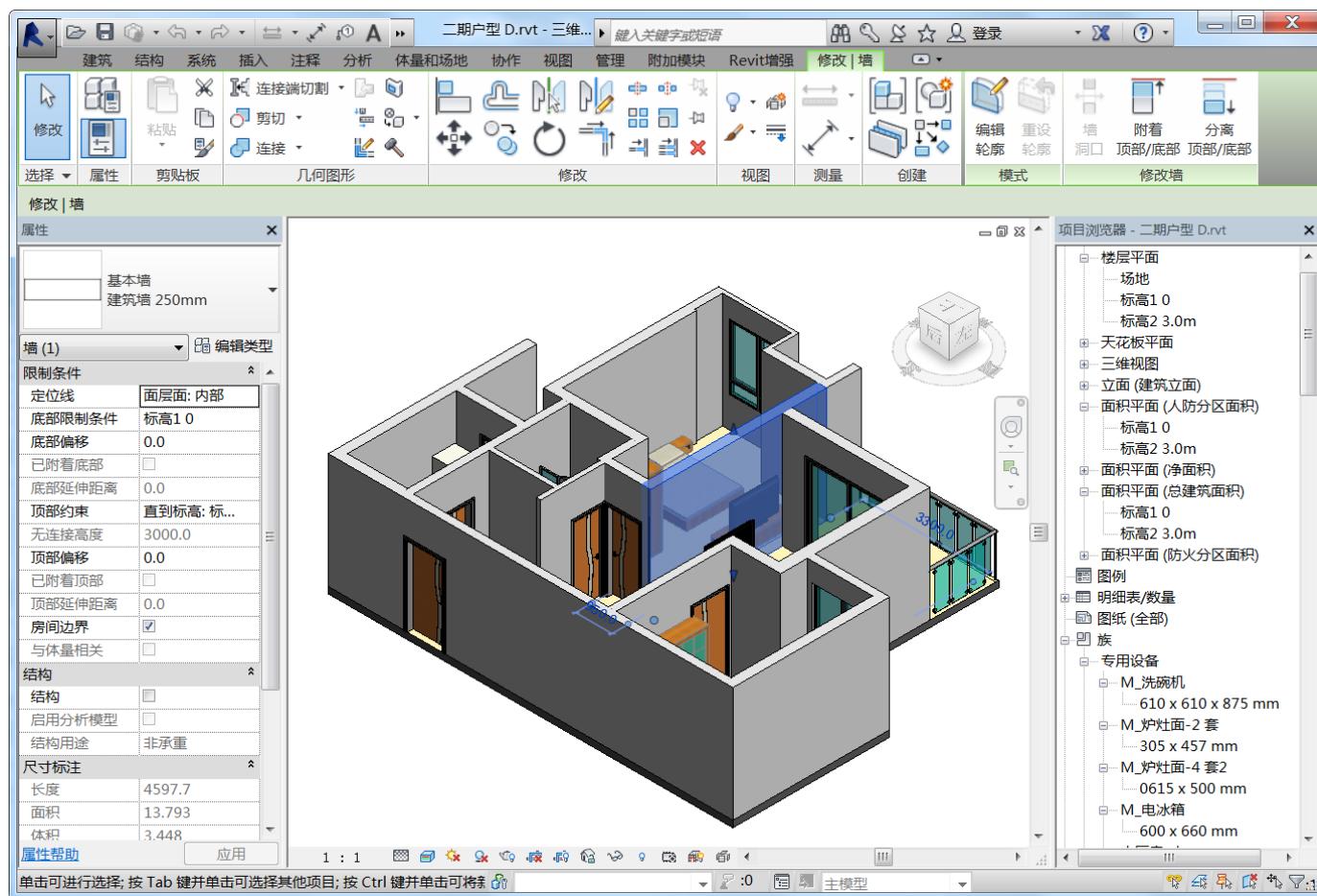
- 越来越多工程项目应用BIM
- 越来越多BIM应用软件
- 越来越多的信息被积累





## 3-3 BIM发展趋势——BIM知识引擎

- 信息的组成复杂
- 信息查询 (RFI) 困难





## 3-3 BIM发展趋势——BIM知识引擎

*New:* Visual examples help you explore hundreds of topics.

Sign in » |

Try our new background colors ↗



Enter what you want to **calculate** or know about:



Examples Random

[About](#) | [Pro](#) | [Products](#) | [Mobile Apps](#) | [Business Solutions](#) | [For Developers](#)

[Resources & Tools](#) | [Blog](#) | [Forum](#) | [Participate](#) | [Contact](#) | [Connect](#)

© 2013 Wolfram Alpha LLC—A Wolfram Research Company | [Terms](#) | [Privacy](#)

- 能否应用于BIM数据？



## 3-3 BIM发展趋势——BIM知识引擎

- 需要的关键技术
  - 自然语言处理
    - 用于理解用户需求
  - International Framework for Dictionaries (IFD)
    - 用于关联用户输入和IFC数据模型
  - 数据挖掘
    - 用于数据分析



## 3-3 BIM发展趋势——BIM知识引擎

### 理解用户需求

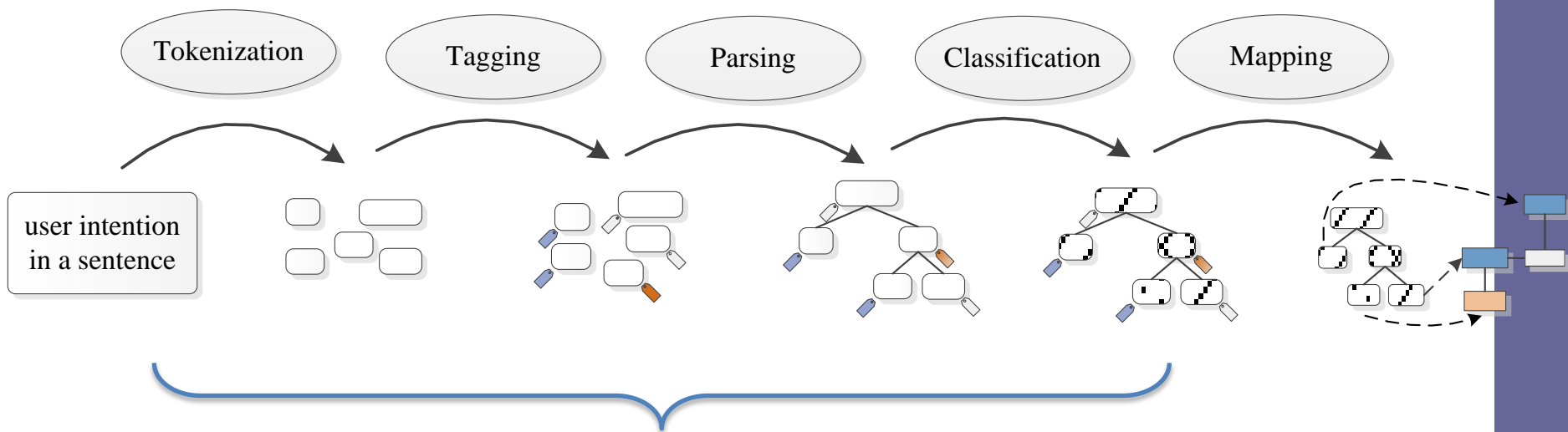
- 关键词抽取与映射
  - 确定用户需要什么（关键词）
  - 将关键词映射到IFC实体或属性



## 3-3 BIM发展趋势——BIM知识引擎

### 理解用户需求

- 主要过程



- 关键词抽取



## 3-3 BIM发展趋势——BIM知识引擎

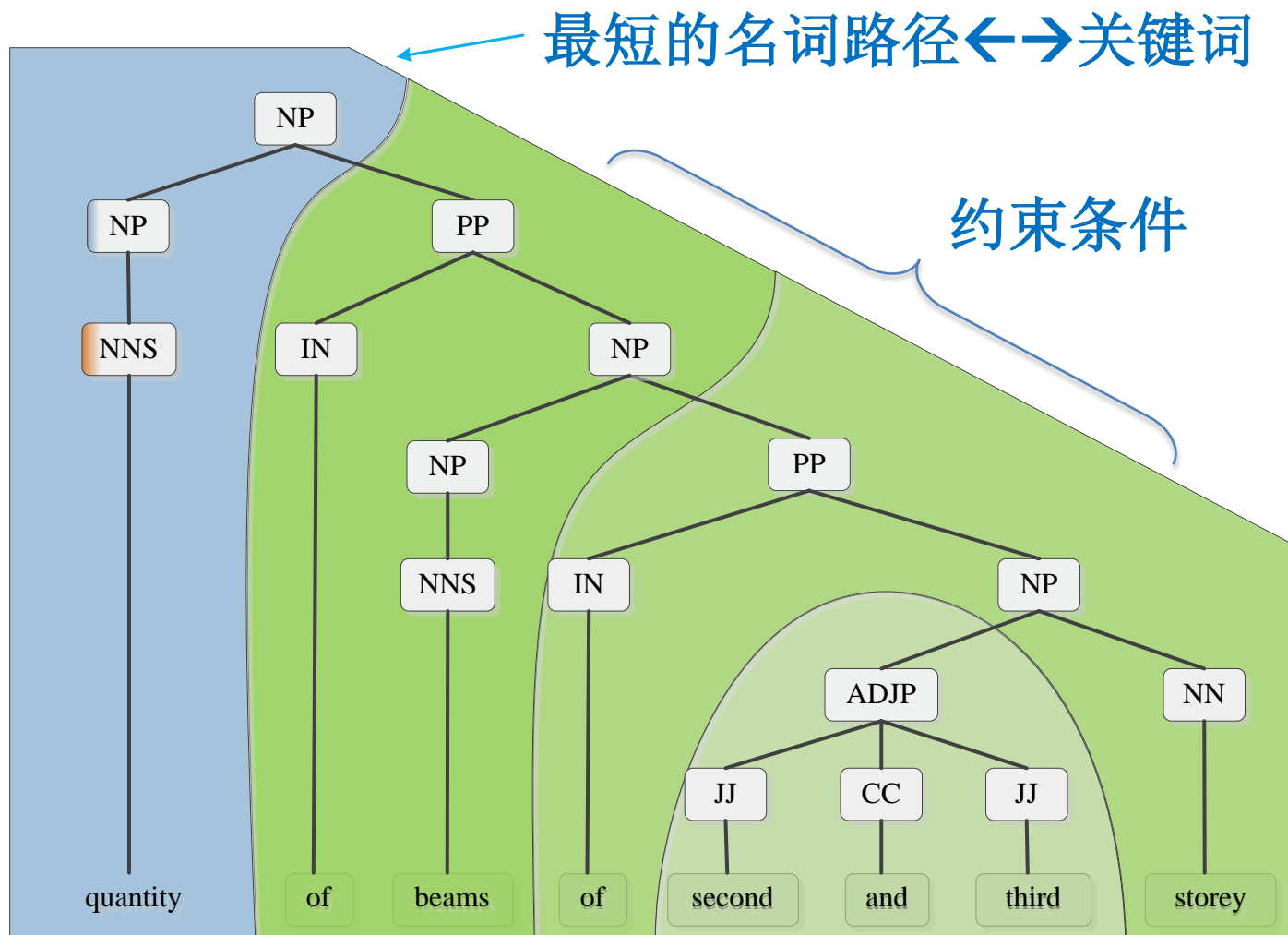
### 理解用户需求

- 关键词抽取
  - 什么信息
  - 什么数据类型
  - 哪些约束条件



## 3-3 BIM发展趋势——BIM知识引擎

### 理解用户需求

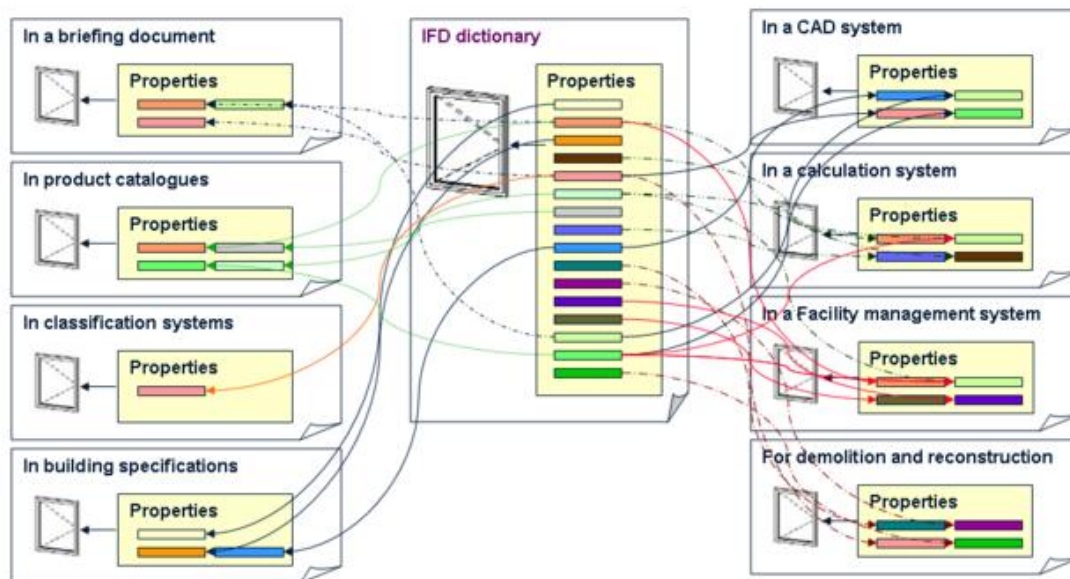




## 3-3 BIM发展趋势——BIM知识引擎

# 自然语言与数据结构的映射

- 关键词映射
  - 基于IFD的映射方法
  - IFD定义概念，适用于IFC数据模型

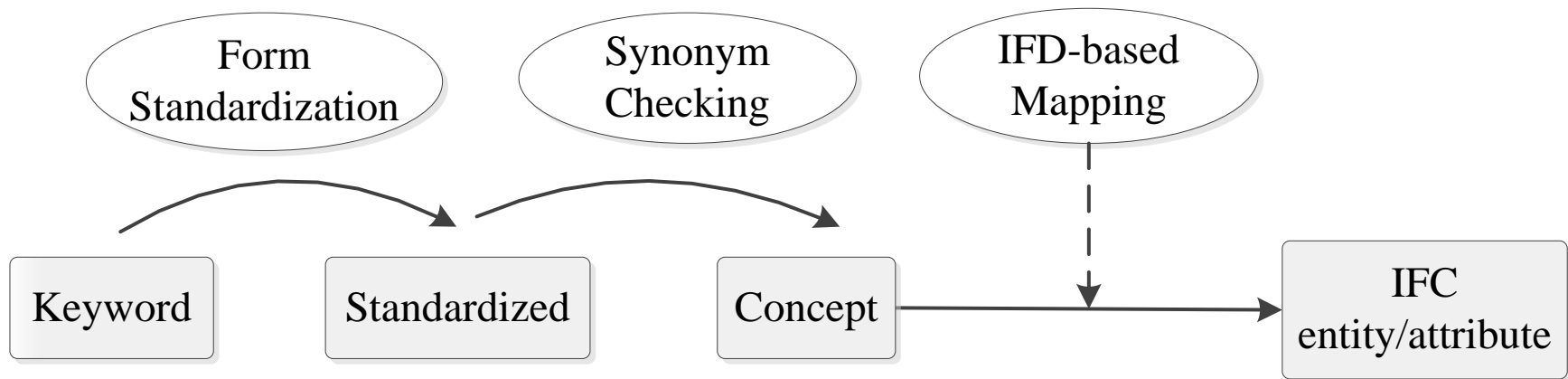




## 3-3 BIM发展趋势——BIM知识引擎

# 自然语言与数据结构的映射

- 关键词映射
  - 扩展IFD库

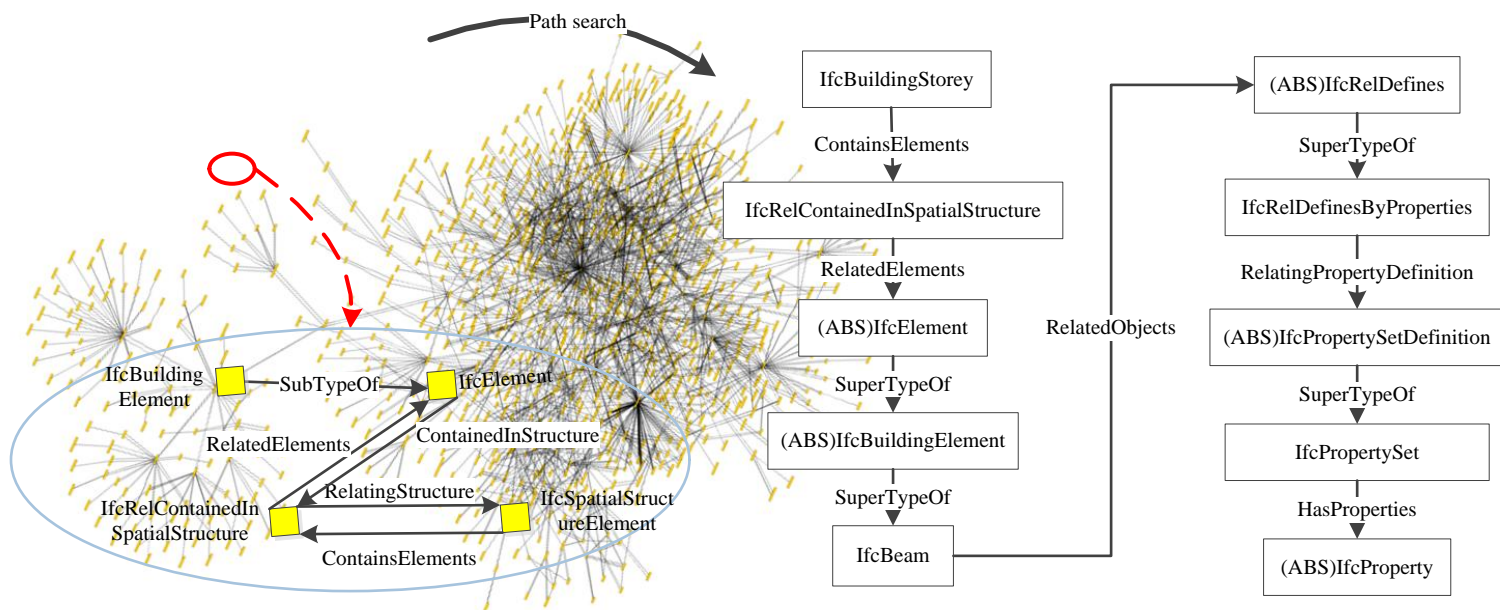




## 3-3 BIM发展趋势——BIM知识引擎

# 数据挖掘与智能表达

- 数据获取
  - IFC大纲中的实体关系网络



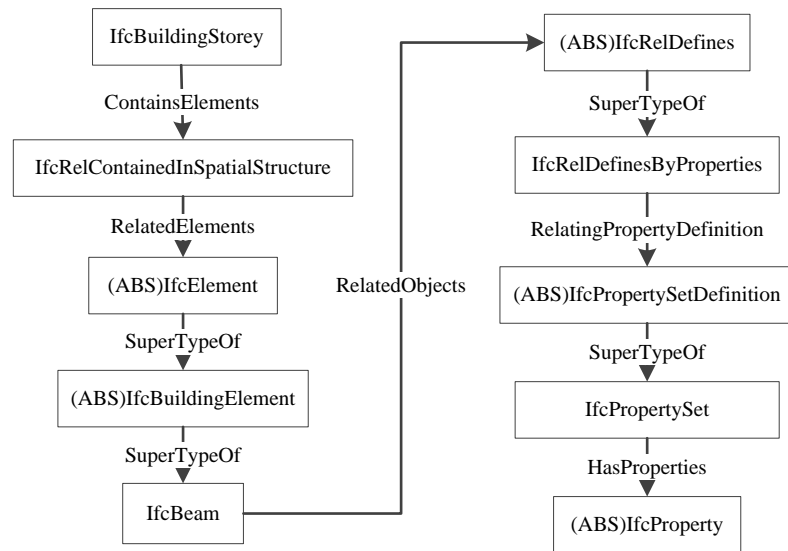


## 3-3 BIM发展趋势——BIM知识引擎

# 数据挖掘与智能表达

- 数据获取
  - IFC大纲中的实体关系网络

自动生成  
数据库查询脚本





## 3-3 BIM发展趋势——BIM知识引擎

# 数据挖掘与智能表达

- 数据挖掘
  - 用关键词表示数据
  - 分类
  - 汇总



## 3-3 BIM发展趋势——BIM知识引擎

# 数据挖掘与智能表达

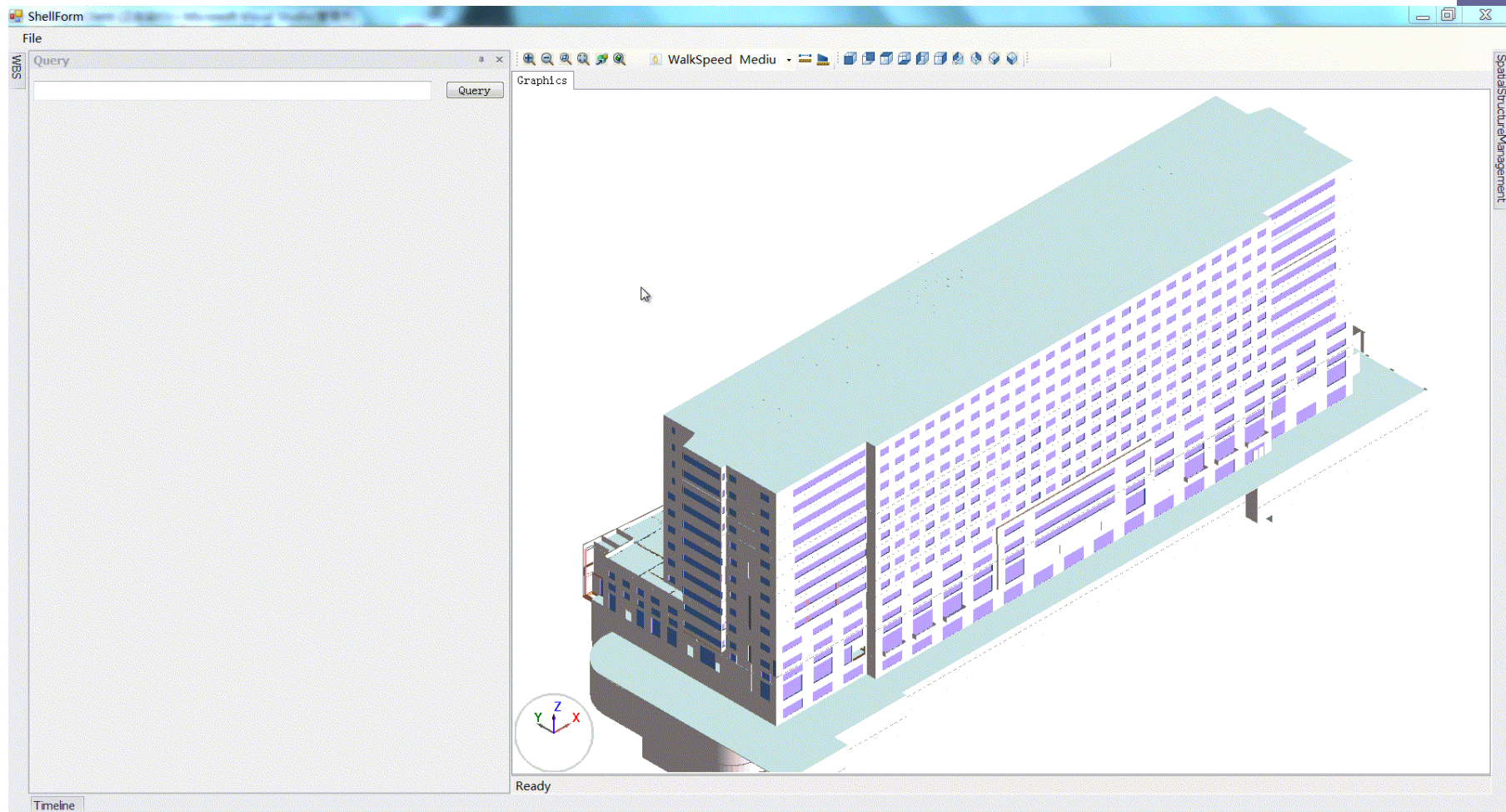
- 数据表达

数据格式		表达	说明
单值	文本		高亮关键信息
列表	图、表		<div><div>1. 用柱状图或横道图表达数据</div><div>2. 用多系列表达多维度数据</div><div>3. 时序表达与时间有关的信息</div><div>4. 用表来表达详细信息</div></div>
树形结构	成组列表图或树形图		<div><div>1. 用不同的图表组合表达不同的信息结构</div><div>2. 用树状图的形式表达树形结构</div></div>
网状结构	网络图		<div><div>1. 进度信息应表达成甘特图或时序信息</div><div>2. 用图或者树形结构表达</div></div>



## 3-3 BIM发展趋势——BIM知识引擎

### 应用测试





## 3-3 BIM发展趋势——BIM知识引擎





## 3-3 BIM发展趋势——BIM知识引擎

### 总结

- 优势
  - 用户不需要了解IFC
  - 方便快捷地获取信息
  - 智能的数据表达
  - 促进BIM的应用实施
- 展望
  - 继续扩展IFD库
  - 更多的数据挖掘和表达方式
  - 放到云端



# 本章学习重点

---

- BIM的概念
- BIM的特征
- BIM在设计、施工和运维阶段的应用
- BIM的研究发展前沿



## 主要参考文献

---

- 张建平等. 信息化土木工程设计——Autodesk Civil 3D.  
北京: 中国建筑工业出版社, 2005



## 提高内容参考

- 建立三维建筑模型，具体要求：
  - 用Revit系列软件制作一个建筑物的建筑模型、结构模型和机电设备模型；
  - 针对建筑模型，进行真实感渲染，并实现漫游效果；
  - 针对结构模型，设置相关的设计信息和工程属性，并利用软件之间的接口，在结构分析软件中实现结构力学分析，并生成平、立、剖面图以及相关文档；
  - 针对机电设备模型，实现其与建筑模型、结构模型的碰撞检测分析。



# 谢谢！

清华大学土木工程系

胡振中

邮箱: [huzhenzhong@tsinghua.edu.cn](mailto:huzhenzhong@tsinghua.edu.cn)

个人网站: <http://www.huzhenzhong.net>