



土木与建筑工程CAE

第五章 虚拟现实技术在 CAE中的应用

清华大学土木工程系
胡振中

邮箱: huzhenzhong@tsinghua.edu.cn

个人网站: <http://www.huzhenzhong.net>



第六章 虚拟现实技术在CAE中的应用

- 6.1 虚拟现实技术
- 6.2 虚拟现实技术在CAE中的应用
- 6.3 虚拟现实硬件和软件
- 6.4 虚拟现实构造语言



6.1 虚拟现实技术

- 1989年，美国VPL Research公司创始人Jaron Lanier提出了“Virtual Reality”（虚拟现实）的概念(VISC-1986)。“Virtual Reality”（虚拟现实）的另一个名称是“Virtual Environment”（虚拟环境）。

● 定义

- “Virtual”-虚拟，人工构造，存在于计算机内部。
- 虚拟现实技术是直接把计算机合成的信息提供给人感觉器官，生成逼真的视、听、说、触、动和嗅等感觉的虚拟环境，操作者借助必要设备可以自然方式与虚拟环境及物体进行交互，从而产生身临其境的感受和体验。



虚拟现实3个特性

- 沉浸 (Immersion)

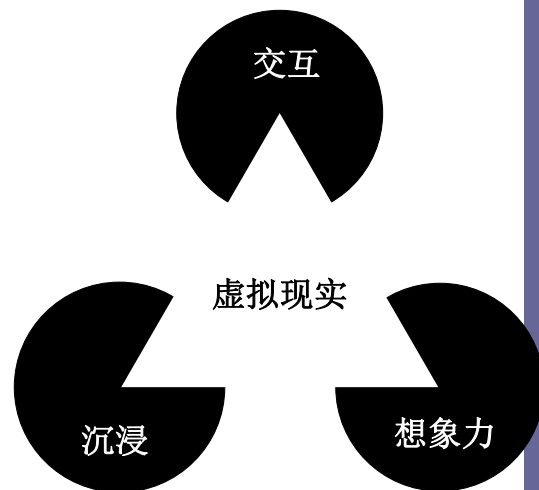
借助交互设备和自身的感觉、知觉系统，产生置身于相应真实环境中的虚幻感，即身临其境的感觉。

- 交互 (Interaction)

用户可借助交互设备以自然的方式与虚拟现实系统进行交互，虚拟现实系统可以对用户的动作或命令作出响应。

- 人的想象 (Imagination)

想象力让人感知到虚拟环境，从中得到理性和感性认识。人的想象力决定了虚拟现实技术的应用。



虚拟现实的3I特性



虚拟现实的3个特性





虚拟现实系统中的虚拟环境

● 模仿真实世界中的环境

- 这种真实环境，是已经存在的，如建筑物，武器系统或战场环境。为了逼真地模仿真实世界中的环境，要求逼真地建立几何模型和物理模型，环境的动态应符合物理规律。这一类虚拟现实系统的功能，实际是**系统仿真**。

● 人类主观构造的环境

- 这种环境是虚构的，几何模型和物理模型就可以完全虚构。例如，用于影视制作或电子游戏的三维动画。系统的**动画技术**。



虚拟现实系统中的虚拟环境

● 模仿真实世界中的人类不可见的环境

- 模拟的是真实环境，是客观存在的，但是人类的视觉和听觉不能感觉到。这一类虚拟现实系统的功能，实际是**科学可视化**。
- 例如，分子的结构，空气中速度、温度、压力的分布等。对于分子结构这类微观环境，进行放大尺度的模仿，使人能看到。对于空气中速度这类不可见的物理量，可以用流线显示速度（流线方向表示速度方向，流线密度表示速度大小）。



虚拟现实技术的作用

- 用狭小的空间代替广阔的空间
 - 宇宙飞船控制台；
 - 战斗机驾驶舱.
- 可以体验到那些由于危险、经济代价高或费时等原因而不易到达的地方
 - 火星、太阳等宇宙旅行；
 - 核反应堆、海底等探险；
 - 遥控手术.
- 虚拟体验因大小关系而无法体验的事情
 - 在人的血管、体内探险.



虚拟现实技术的作用

● 检验设计的合理性

- 建筑物建成后的外观等；
- 车辆拐弯分析.

● 用于虚拟空间辅助决策系统

- 虚拟产品的性能评价和模拟体验；
- 住宅环境的设计、模拟体验等.

● 用于训练

- 模拟喷气机训练培养飞行员；
- 医生用其进行手术训练.





6.2 虚拟现实技术在CAE中的应用

● 土木与建筑领域

— 虚拟设计

- 在产品和工程CAD中，VR技术的应用，可使设计者的设计思想和意图，迅速变成相应的实物模型或虚拟样品，经修改完善，以达到更高的设计水平。

— 虚拟建造（制造）

- 实现产品的设计、工艺规划、加工制造、性能分析、质量检验。

— 虚拟环境中的灾害模拟和防灾减灾

- 实现虚拟环境下的灾害模拟、多灾种灾变行为的仿真模拟、灾害救援模拟和决策支持等。



虚拟设计

- **增强可视化的CAD系统：**利用现有的CAD系统进行建模，对数据格式进行适当转换后输入虚拟环境系统，在“真实”的环境中对模型进行交互与分析。这种系统可集成现有的CAD系统，开发强度低，成本少，是目前主要的虚拟设计环境的开发形式。
- **虚拟现实的CAD系统：**完全将CAD系统建立在虚拟环境上，使设计师通过各种交互设备与虚拟环境交互，直接进行三维设计。这种系统在设计阶段就可以逼真的看到产品的外观，可以提高设计的效率和质量，但开发及硬件成本较高，目前的应用较少。



虚拟设计

■ 三维建筑场景模拟

- 帮助房地产开发商通过三维场景模拟，展示房地产项目的设计规划方案，以满足各参与方的要求。
- 通过对建筑场景模型进行虚拟漫游，使投资方、预期客户和审批部门可以看到项目完成后在现实环境中的整体效果和周边环境。包括建筑、道路、景观等。
- 三维建筑场景模拟可以帮助开发商减少项目的风险，通过CD、DVD和网络的方式发布项目的三维场景模拟，提高项目的可信性，促进资金筹集、审批和销售。



RAPIDsite Visualization for this proposed SunCrest Planned community.

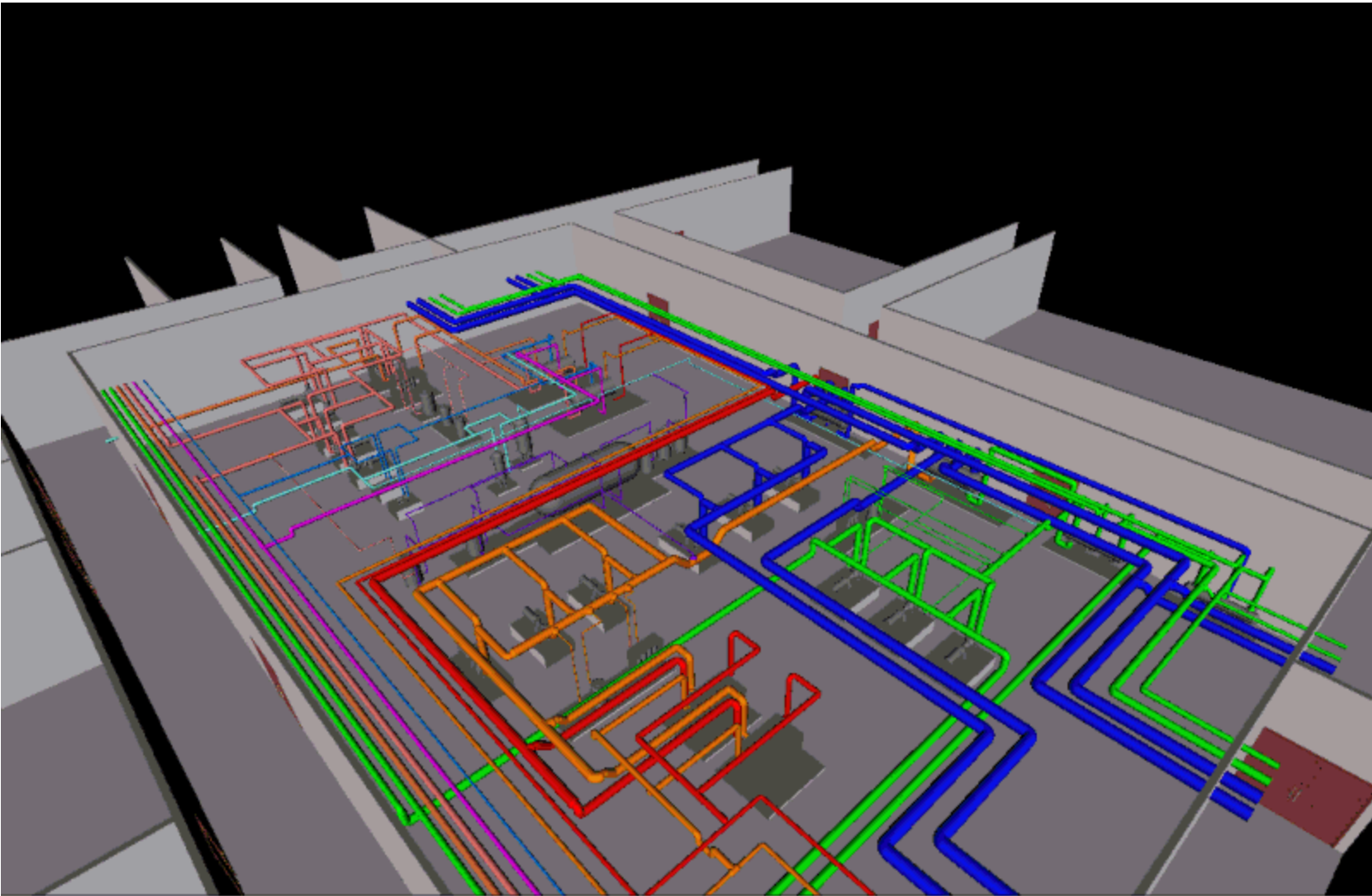


虚拟设计





虚拟设计

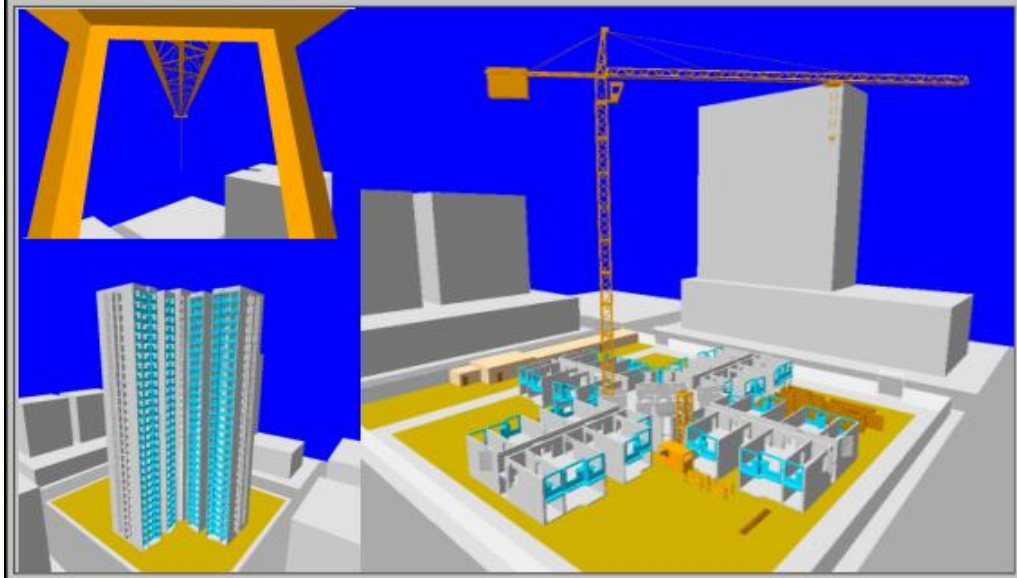




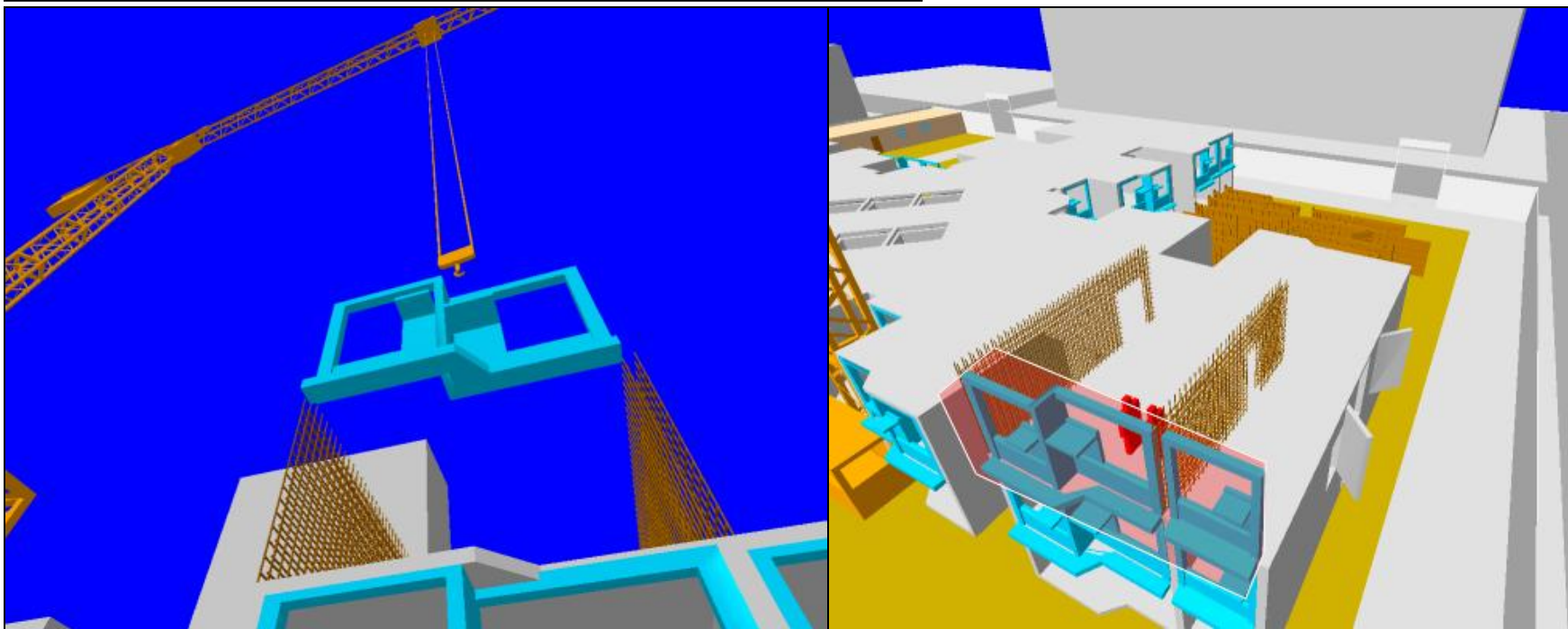
● 虚拟建造（制造）

- 采用计算机建模与仿真技术，在高性能计算机与高速网络的支持下，在计算机上群组协同工作，通过动画或虚拟现实，实现产品的设计、工艺规划、加工制造、性能分析、质量检验。
- 施工方案的演示1
- 施工方案的演示2
- 施工方案的演示3

System Library Preparation Site Setting Up Site Operation

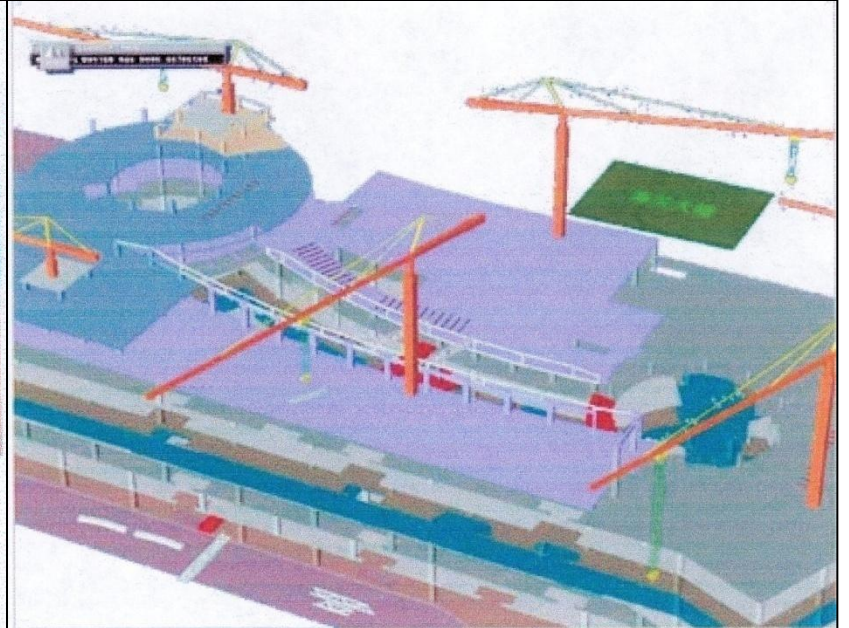
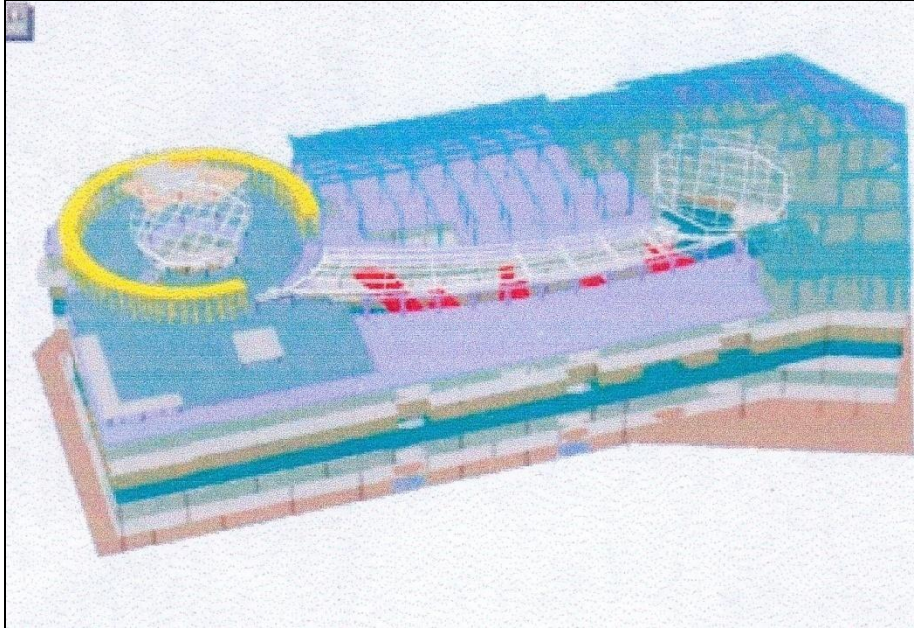


预制构件吊装施工模拟 (香港理工大学)





上海正大广场的施工模拟
(中建三局、华中科技大学)





● 施工方法实验

- 虚拟施工实验室（VCL）系统
- 针对施工作业计划，为施工管理者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



● 过程模拟(仿真)

- **模拟：** 设计一个现实或虚拟系统的模型，并在此模型上进行试验的过程。
- **目的：** 了解系统的行为或者评估系统运行的策略。
- **模式：**
 - 如果模式关系比较简单，则整个系统往往可以直接利用数学分析方法，诸如代数、微积分或概率理论求得最终的答案，这种过程称为**解析法**。
 - 实际上各种系统组成相当复杂，无法利用简单的解析法直接获得结果，需要在计算机上建立起这些系统的数理逻辑模型，通过仿真的过程，以**实验的方法**来获得答案。



■ 模拟分类

- **连续模拟**：系统的状态变量随时间连续地变化，通常表现为一个有时间变量的函数；
- **离散事件模拟**：系统的状态变量在有限的时间离散点上产生瞬间变化。这种状态参数发生的突然变化被称为**事件**。
 - **施工过程的模拟**：其中每一个工序的开始、中断、恢复和完成，都伴随着系统的某些参数和状态的变化，如施工对象的变化，施工资源的占用与释放等，都可以看成是一个事件。
 - 离散事件模拟在计算机上的实现，只需要按照时间顺序推算在各个时点系统的状态变化，以模拟实际施工过程。
 - 离散事件模拟在施工管理中的应用较为广泛。



● SDESA（简化的离散事件模拟方法）

- 香港理工大学鹿明教授提出SDESA(Simplified Discrete-Event Simulation Approach)（简化的离散事件模拟方法）
- 模型及模拟方法的改进
 - 模拟计算流程的优化
 - 场地布置信息和资源移动的模拟
 - 复杂施工过程控制
 - 施工过程动画演示



■ SDESA模型

一个完整的SDESA模拟模型由施工过程定义、场地布置信息定义、控制变量和资源属性三部分组成：

– 施工过程定义

- **流动实体**（Flow Entity）：施工过程中处于流动状态物体，使用一次后即不再可用，如待加工的零构件等。
- **工序实体**（Activity）：代表施工过程中的具体施工工序，其中包括工序的工期、工序的优先级、完成工序所需要的资源等信息。
- **资源实体**（Resource）：表示施工过程中所涉及的人员、材料、机械等资源，包括资源的种类，数量，可使用的时间等，使用完毕后该资源将被释放，可再次使用。



虚拟建造

— 场地布置信息定义

- **施工工地和关键地点** (Site & Location): 一个模型可包含多个场地, 每个场地上又可定义一系列的关键地点, 如工地上的塔吊、升降机、搅拌站、堆料区等, 都可以定义为一个关键地点
- **工序起止地点定义**: 工序分为生产工序和运输性工序。
- **资源实体初始位置**: 模拟的过程中, 资源实体的位置会发生移动, 因此, 需要给每个资源实体都设置初始的地点位置
- **资源移动时间**: 指定每个资源从一个地点移动到另一个地点所需要的移动时间, 以考虑由于资源移动所消耗的时间

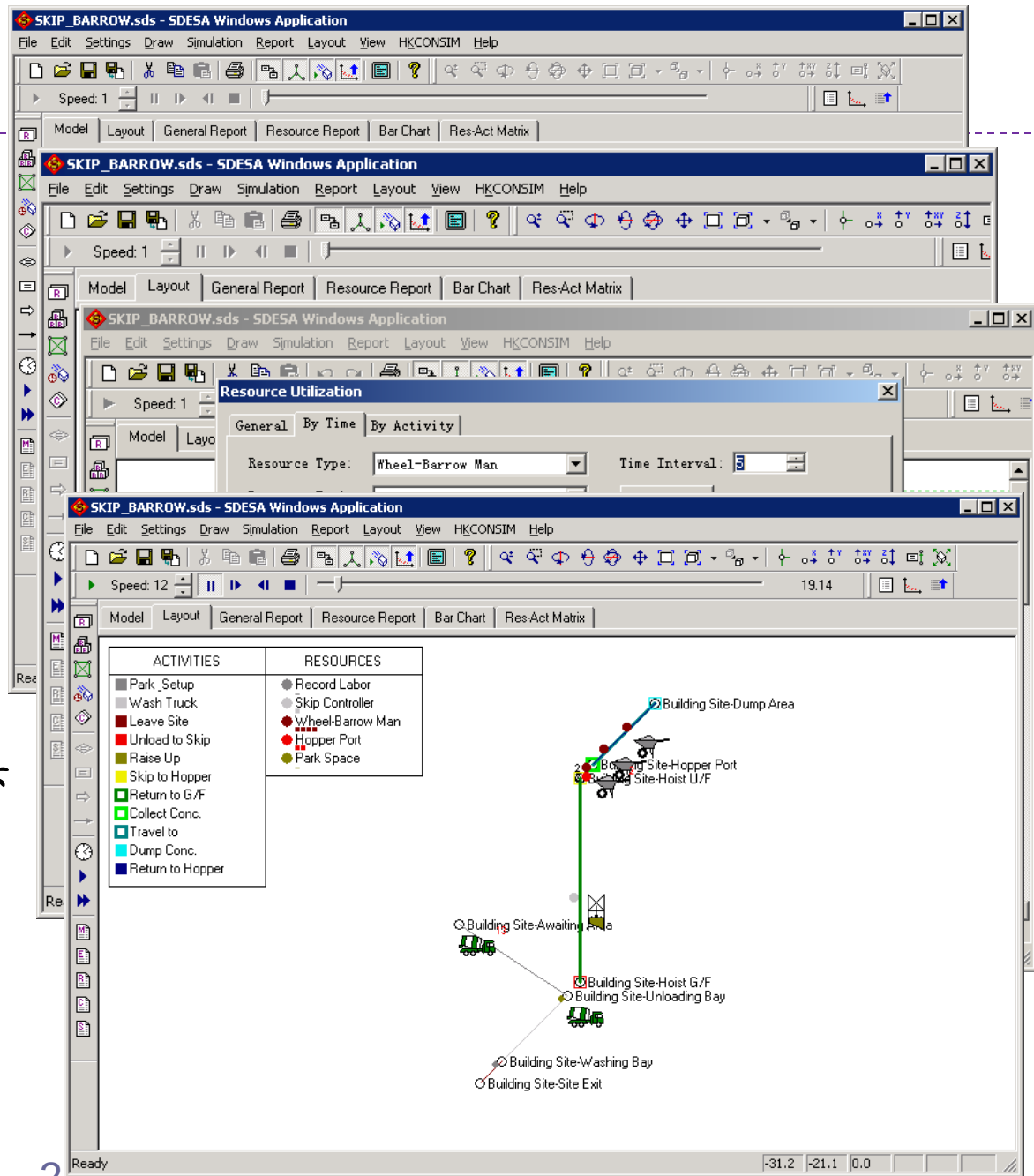
— 控制变量和资源属性

- **控制变量**: 描述系统状态的全局变量
- **资源属性**: 描述单个资源实体状态的变量



SDESA 系统

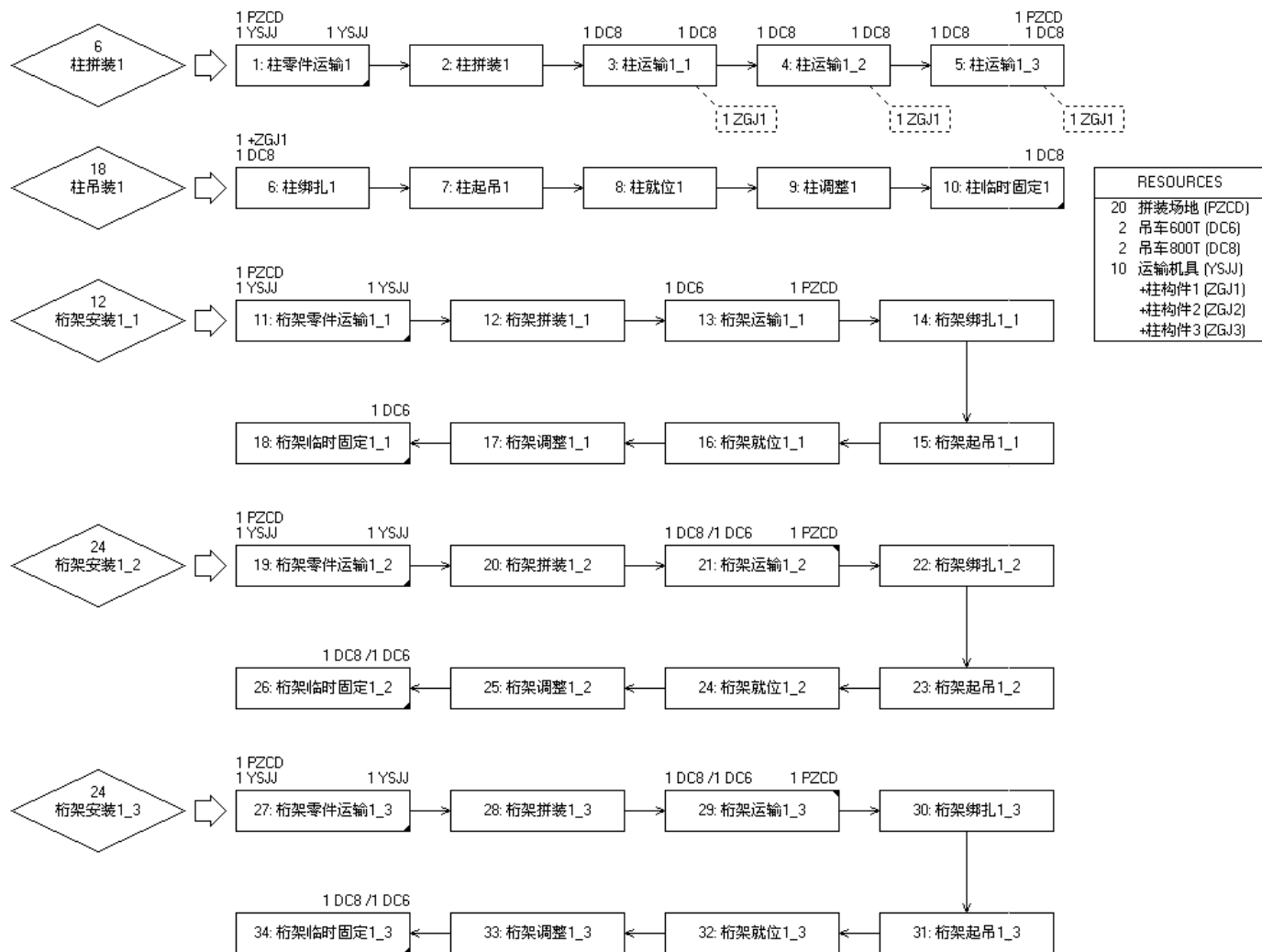
- 模型的建立
- 施工场地布置
- 施工过程模拟
- 结果统计分析
- 施工过程动画演示





虚拟建造

■ 国家体育场鸟巢钢结构拼装模拟与分析



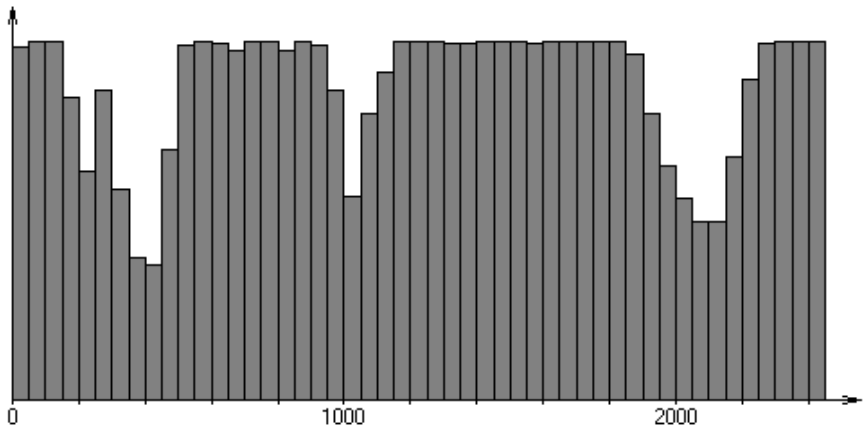


■ 国家体育场鸟巢钢结构拼装模拟与分析

✓ 完成时间

Run	EntID	Entity	ActID	Activity	Arrival	Begin	End	Wait
1	282	桁架安装3_3_16	102	桁架临时固定3_3	2492.73	2492.73	2493.73	0.00
1	282	桁架安装3_3_16	101	桁架调整3_3	2482.33	2482.33	2492.73	0.00
1	282	桁架安装3_3_16	100	桁架就位3_3	2480.83	2480.83	2482.33	0.00
1	280	桁架安装3_3_14	102	桁架临时固定3_3	2480.03	2480.03	2481.03	0.00
1	282	桁架安装3_3_16	99	桁架起吊3_3	2478.00	2478.00	2480.83	0.00
1	282	桁架安装3_3_16	98	桁架绑扎3_3	2477.80	2477.80	2478.00	0.00
1	282	桁架安装3_3_16	97	桁架运输3_3	2476.66	2476.66	2477.80	0.00
1	278	桁架安装3_3_12	102	桁架临时固定3_3	2476.37	2476.37	2477.37	0.00
1	279	桁架安装3_3_13	102	桁架临时固定3_3	2475.33	2475.33	2476.33	0.00
1	281	桁架安装3_3_15	102	桁架临时固定3_3	2471.73	2471.73	2472.73	0.00
1	280	桁架安装3_3_14	101	桁架调整3_3	2466.34	2466.34	2480.03	0.00
1	278	桁架安装3_3_12	101	桁架调整3_3	2464.94	2464.94	2476.37	0.00
1	280	桁架安装3_3_14	100	桁架就位3_3	2464.38	2464.38	2466.34	0.00
1	279	桁架安装3_3_13	101	桁架调整3_3	2464.37	2464.37	2475.33	0.00
1	278	桁架安装3_3_12	100	桁架就位3_3	2463.07	2463.07	2464.94	0.00
1	279	桁架安装3_3_13	100	桁架就位3_3	2462.50	2462.50	2464.37	0.00

✓ 拼装场地使用情况

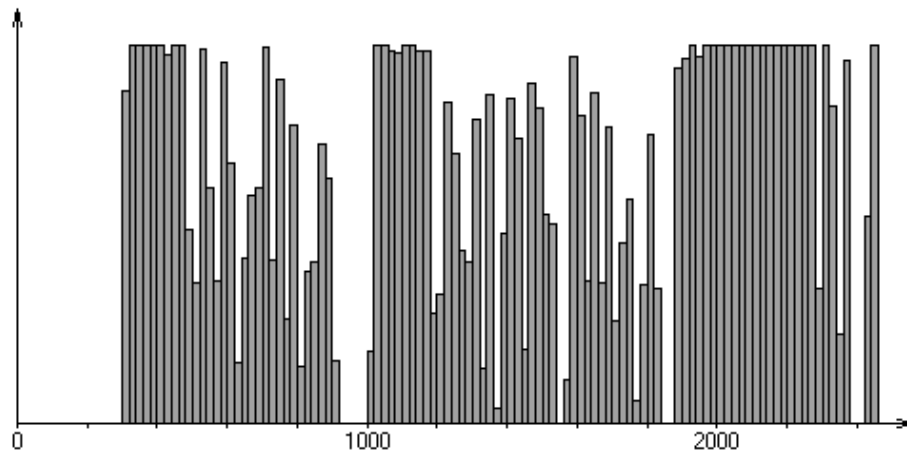




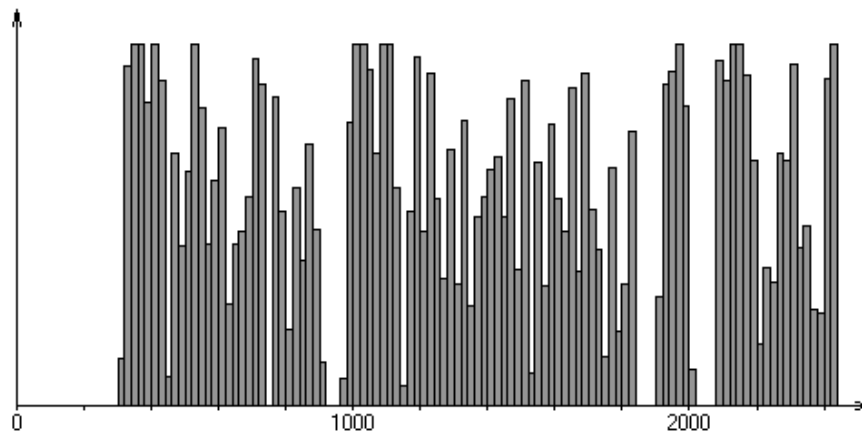
虚拟建造

■ 国家体育场鸟巢钢结构拼装模拟与分析

✓ 800T吊车使用情况



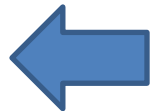
✓ 600T使用情况





虚拟建造

■ 国家体育场鸟巢钢结构拼装模拟与分析



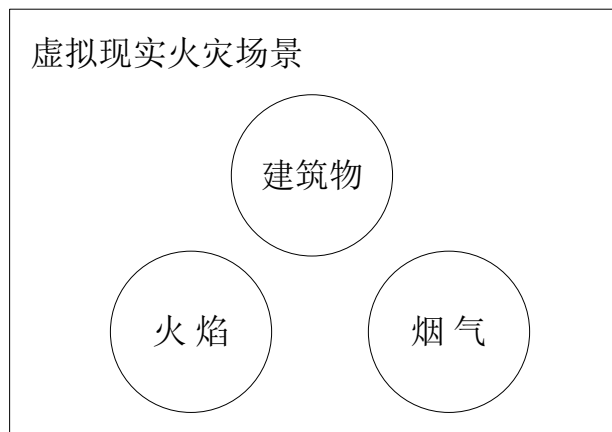


虚拟环境中的灾害模拟和防灾减灾

● 虚拟环境下的火灾模拟

■ 建筑火灾场景模拟

虚拟现实火灾
场景的分解



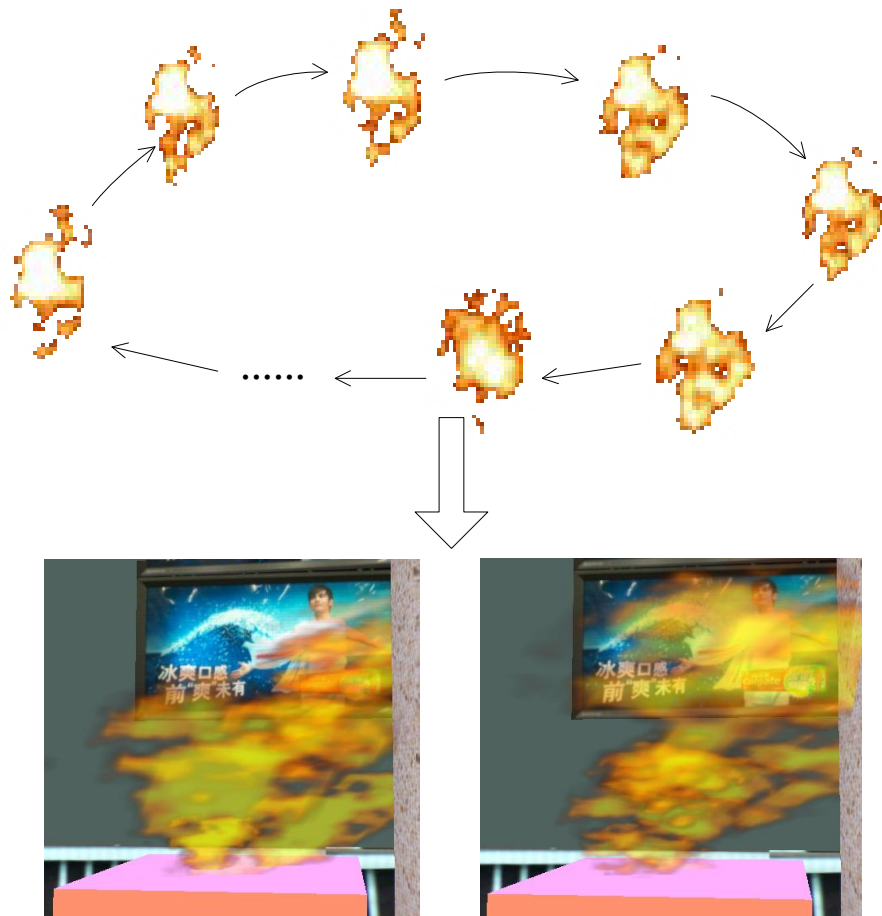
火焰与烟气的模拟是建筑火场的关键技术



虚拟环境中的灾害模拟和防灾减灾

■ 火焰的可视化技术

- 火焰效果通过纹理循环渲染方法实现。
- 通过一段火场视频获取多帧静态火场图片，利用图像处理软件将火场图片中非火焰的部分去除后得到多幅静态的火焰图片，将这些静态的火焰图片在虚拟场景中循环渲染，就可以营造出动态和逼真的火焰效果。



纹理循环渲染

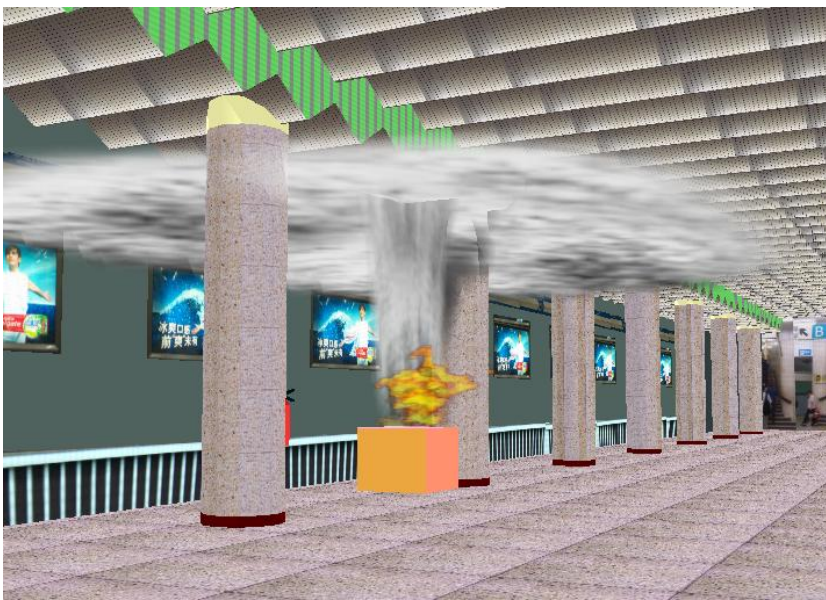


虚拟环境中的灾害模拟和防灾减灾

■ 烟雾的可视化技术

- 烟雾效果是基于粒子系统的原理实现的。通过每个粒子自身的烟雾纹理循环渲染，可营造动态的效果。
- 根据FDS火灾场模拟的结果，提取建筑物中烟气分布和变化的规律，以此为基础，控制粒子系统的生命周期、粒子数目、粒子源、限定框、粒子大小、粒子贴图等各种属性的变化，可以得到很好的烟气分布和扩散可视化效果。

烟气羽流
顶棚射流

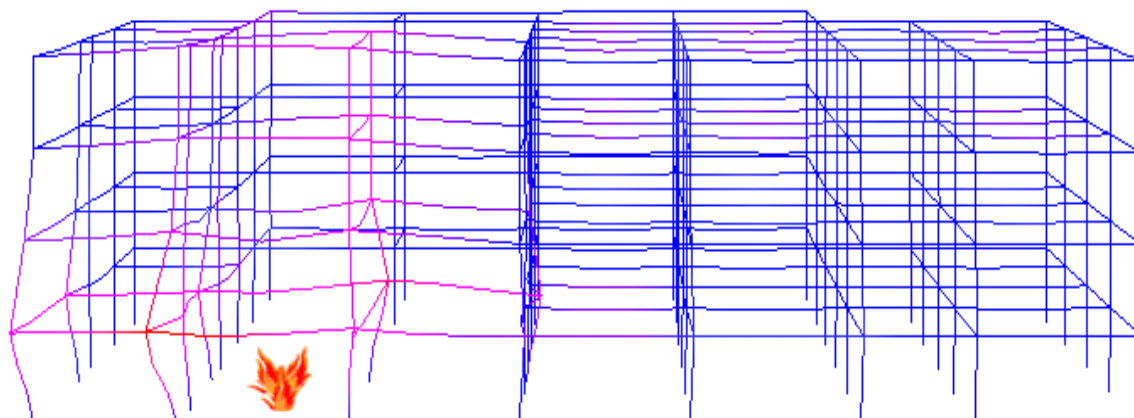




虚拟环境中的灾害模拟和防灾减灾

■ 建筑结构反应模拟

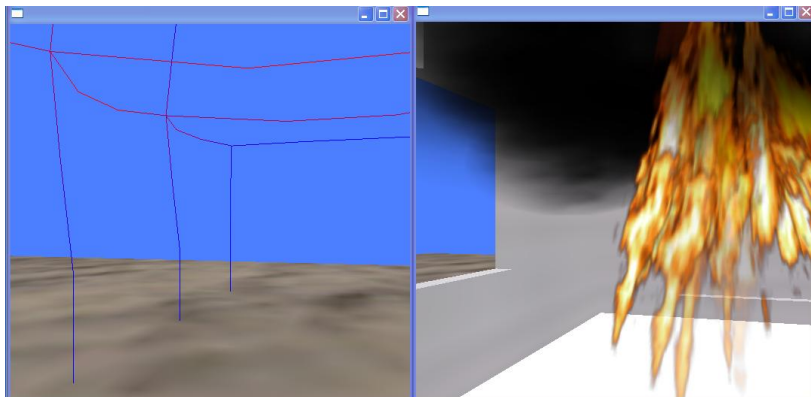
- 基于相关结构火灾反应计算结果，以线段代表结构杆件，模拟随火灾发展过程中建筑结构变形情况。
- 结构反应模拟需要建筑结构杆件等实体在虚拟环境中发生形变，这是区别火场模拟的最大特征。



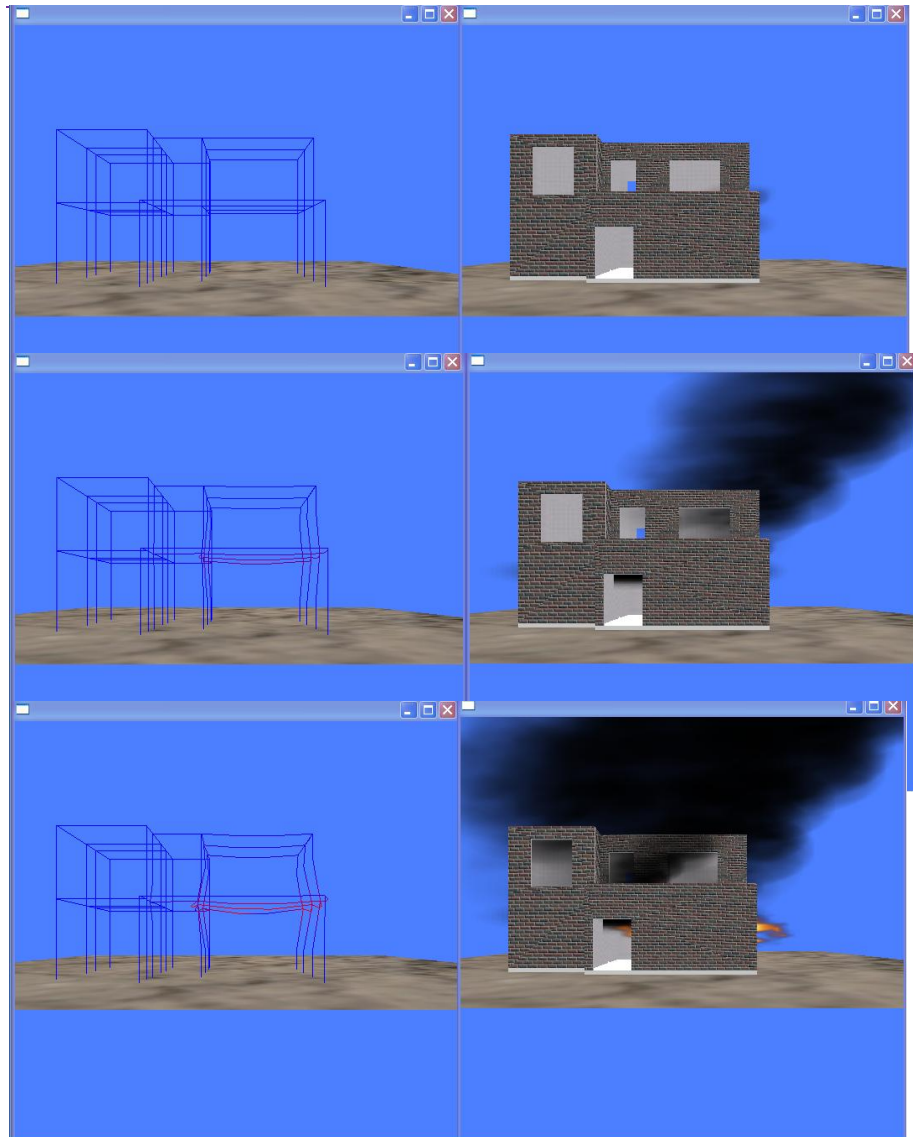


虚拟环境中的灾害模拟和防灾减灾

■ 建筑火灾场景与结构火灾反应同步模拟实现



火场与结构场景中同步漫游



火场与结构同步动态模拟



虚拟环境中的灾害模拟和防灾减灾

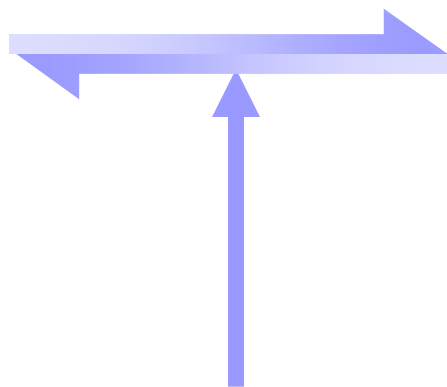
● 城市建筑地震波动模拟

城市仿真系统

从可视化的角度出发，通过VR、GIS等技术构建出可自由漫游的城市模型，但这个模型是静态的，而不是基于地震计算的。

城市地震计算

通过合理简化的方法，计算出地震下城市房屋楼层的位移和破坏程度，这种计算是基于数值的，而庞大的计算结果并不能产生直观的印象。

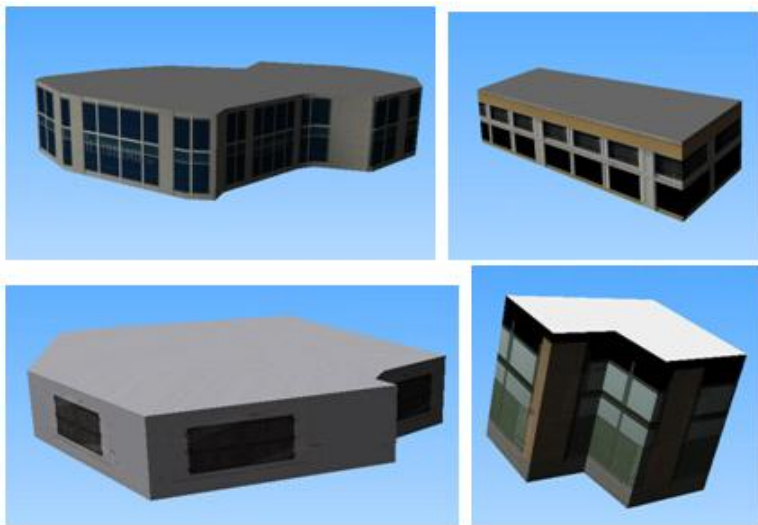


城市仿真与**建筑物地震分析**相结合

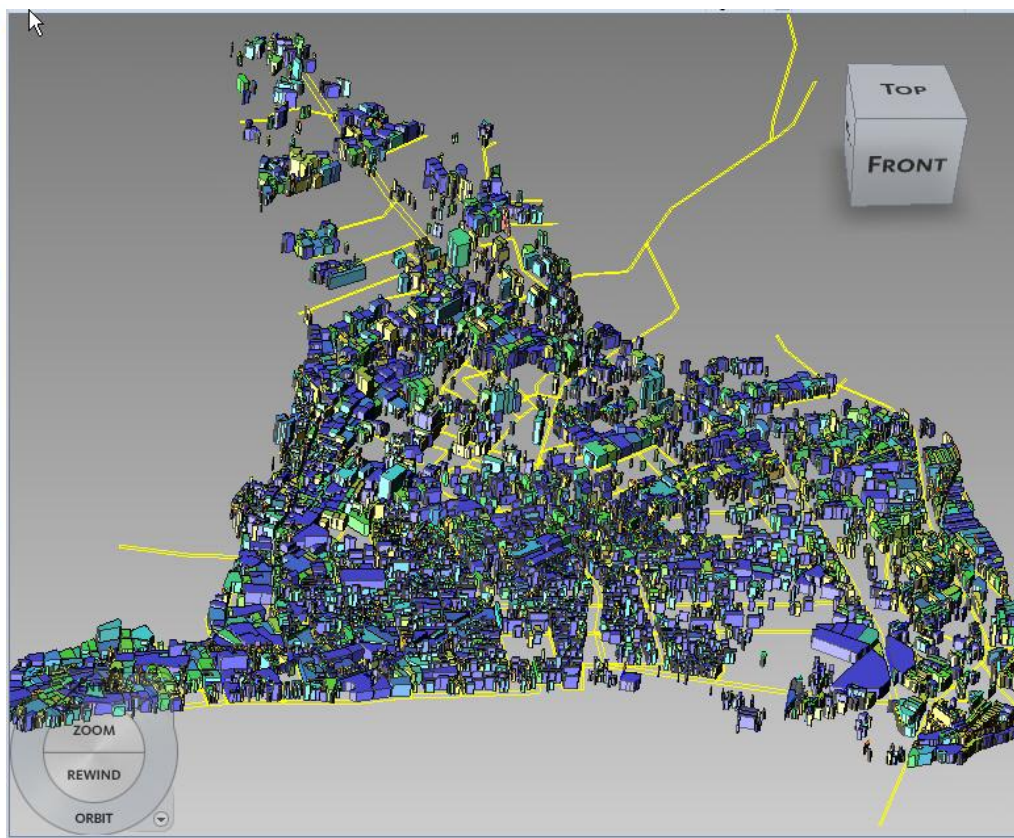


虚拟环境中的灾害模拟和防灾减灾

带颜色的建筑模型



带纹理的建筑模型

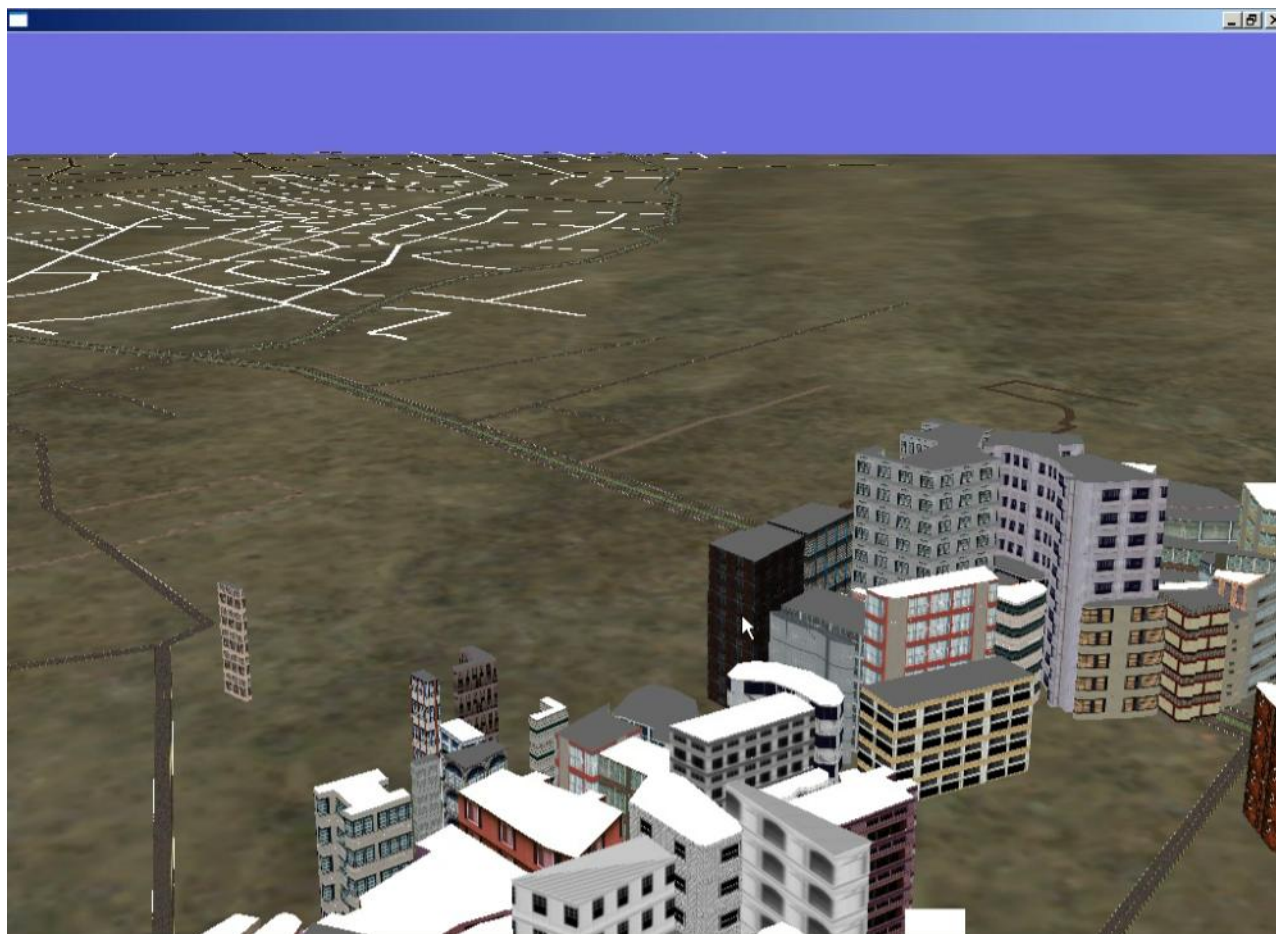


用不同颜色表示建筑破坏程度



虚拟环境中的灾害模拟和防灾减灾

■ 虚拟现实环境下楼层振动模拟

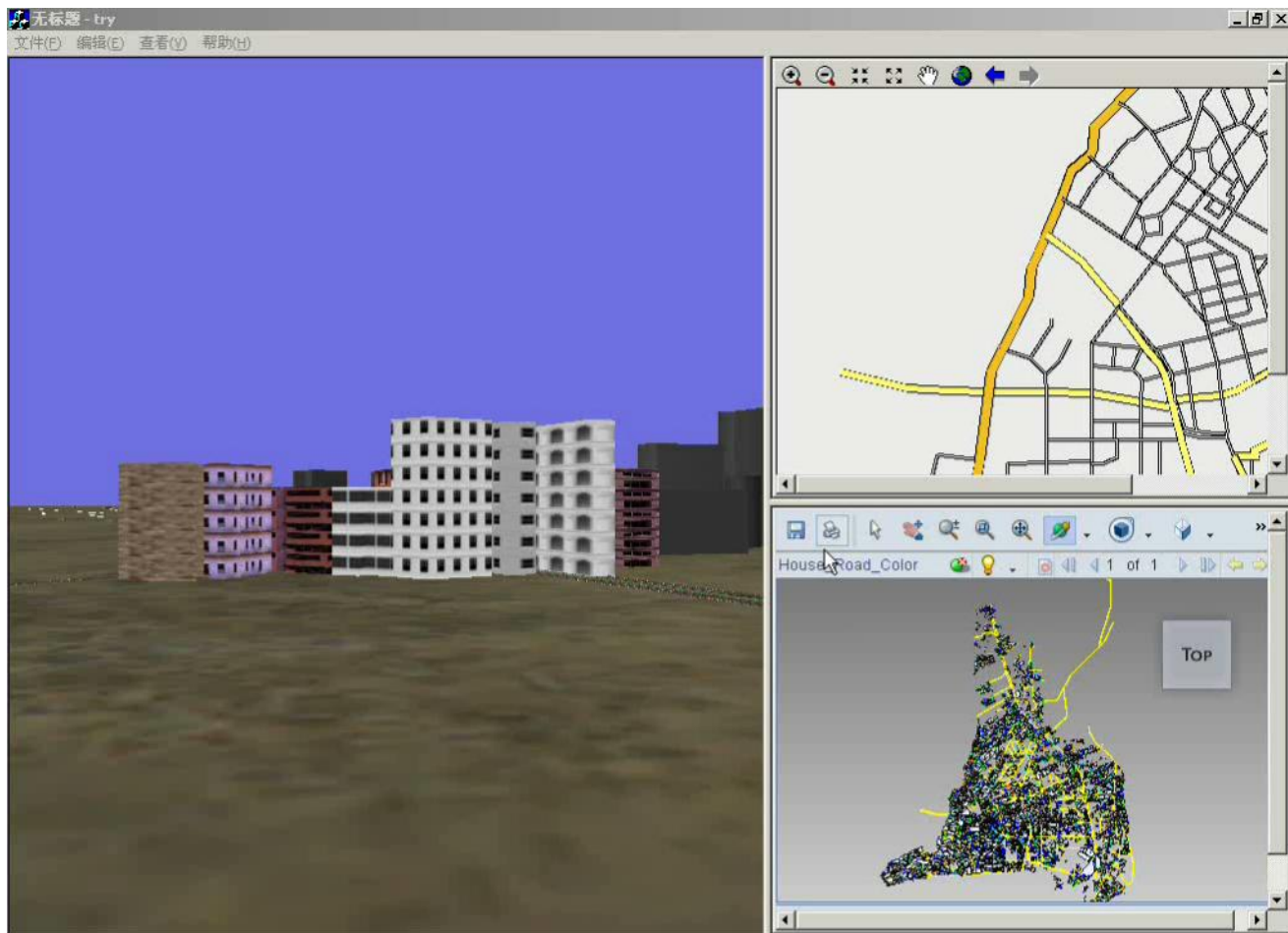


结合地震结构响应模型的计算结果，在Vega的虚拟现实环境中表现建筑楼层振动



虚拟环境中的灾害模拟和防灾减灾

■ CAD/GIS/VR视图集成



GIS视图

通过鼠标双击定位VR视图当前观察点，并提供查询功能

CAD视图

通过不同颜色描述建筑物的破坏程度



虚拟环境中的灾害模拟和防灾减灾

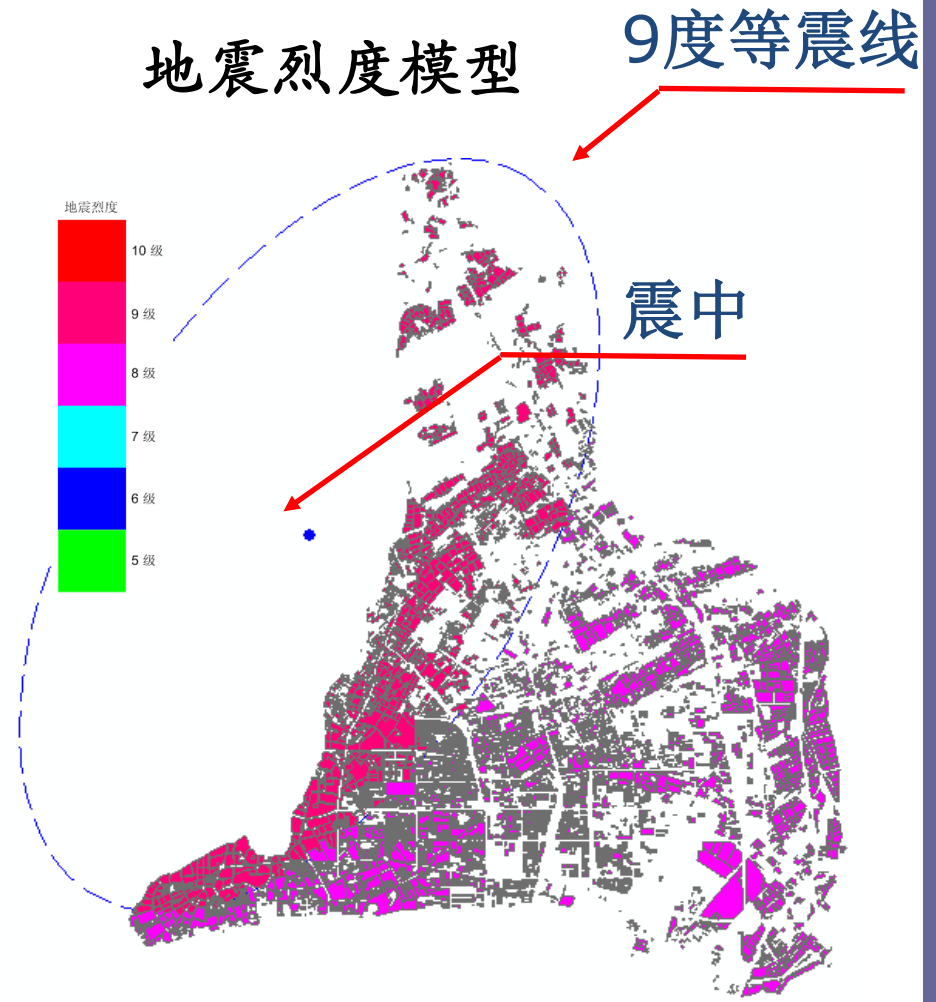
建筑工程多灾种灾变行为的仿真模拟

● 地震次生火灾蔓延模拟

■ 建筑物震后火灾危险概率计算



采用一系列椭圆作为等震线





虚拟环境中的灾害模拟和防灾减灾

建筑工程多灾种灾变行为的仿真模拟

汕头市火灾蔓延模拟

文件(E) 视图(V) 查询(E) 地震起火模拟(I) 火灾蔓延模拟(S) 帮助(H)

建筑物震后火灾危险...

功能框：

建筑物图层：

buildings

输入参数字段：

Intensity值

Intensity

结构类型

Struct Type

可燃性等级

Combustibi

天气等级

1

天气等级说明：

1：晴天、炎热、干燥、

2：晴天、小风、有一定

3：阴天、湿度大、无风、

输出参数字段：

输出“震后火灾危险性概率”字段：

FirePro

计算

图例

Layer

bu

起火时刻表

蔓延模拟

起火模拟

时域模拟

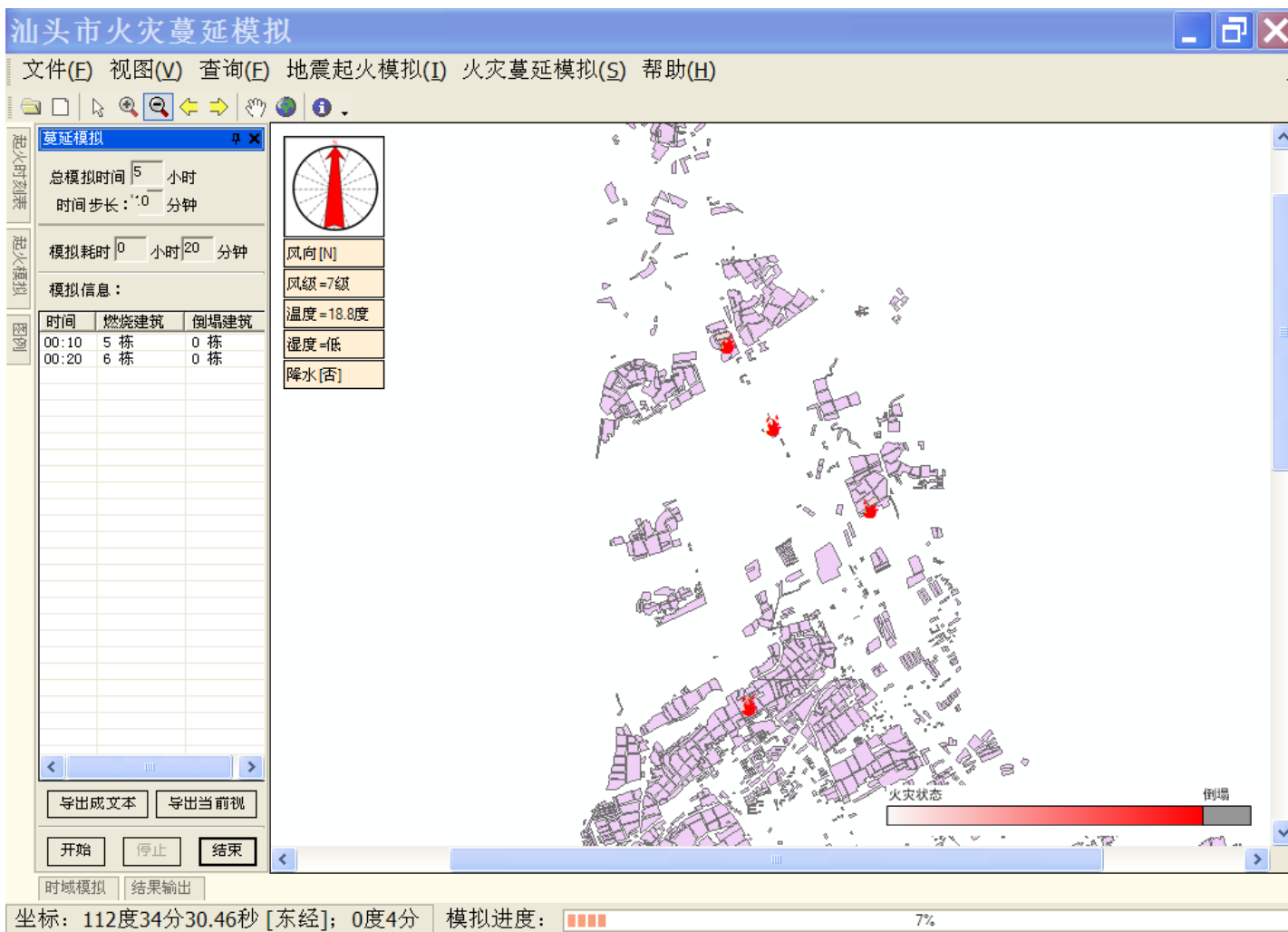
结果输出

坐标：112度34分38.94秒 [东经]； 0度5分 模拟进度：0%



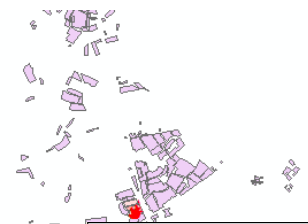
虚拟环境中的灾害模拟和防灾减灾

基于GIS的地震次生火灾蔓延模拟系统





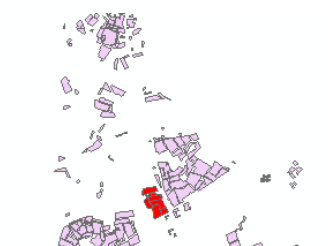
风向[N]
风级=7级
温度=18.8度
湿度=低
降水[否]



风向[N]
风级=8级
温度=19.5度
湿度=低
降水[否]



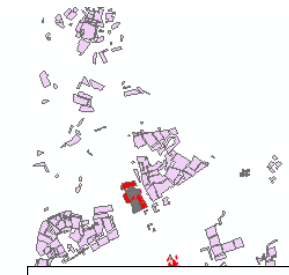
风向[N]
风级=9级
温度=19.9度
湿度=低
降水[否]



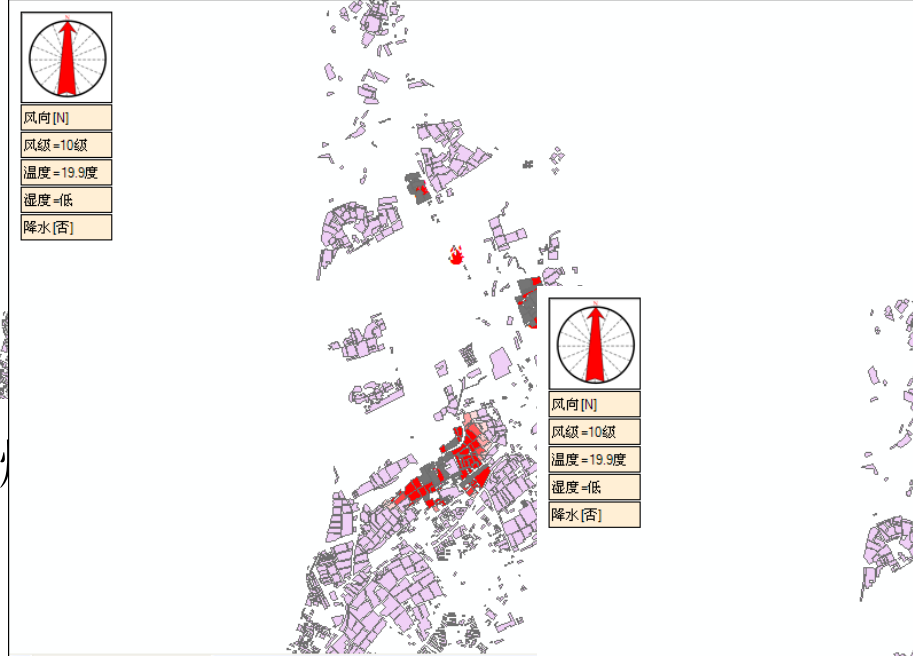
初始：燃烧建筑

1小时后：燃烧建筑 25

2小时后：燃烧建筑 58栋，倒塌建筑 0栋



3小时后:



4小时后: 燃烧建筑 80栋



5小时后: 燃烧建筑 85栋, 倒塌建筑 82栋



虚拟环境中的灾害模拟和防灾减灾

建筑工程多灾种灾变行为的仿真模拟

■ 内部火灾发展和建筑间火灾蔓延建模

□ 建筑内部火灾发展的简化建模

- 将个体起火建筑近似为独立的点火源
- 5个阶段：起火（Ignition）、轰燃（Flashover）、火灾充分发展（Full-development）、倒塌（Collapse）和熄灭（Extinguishment）
- 3个独立变量：时间量，温度和热释放率

□ 建筑间火灾蔓延建模

— 热辐射：

- 热辐射强度包括：室内热烟气和火焰通过外墙开口发射的热辐射强度，加热后外墙发射的热辐射强度以及从窗口喷出火焰发射的热辐射强度



虚拟环境中的灾害模拟和防灾减灾

建筑工程多灾种灾变行为的仿真模拟

— 热羽流：

建筑物燃烧后产生的热烟气，由于其温度很高，密度很小，在空气中自然对流形成热羽流，导致流通路径上建筑物起火，造成蔓延。

— 飞火

除热辐射和热羽流外，如有大风存在，可燃物被大风带走，飞行一段距离之后落在其它可燃物上，并将其它可燃物点燃而形成飞火。飞火可跨越阻火要素（水体，公园，停车场等）而远距离点燃可燃物。

— 起火判断

- **外墙为木制结构：**外墙起火先于室内，当外墙接收的热辐射强度超出起火极限强度即判断起火。
- **外墙不可燃：**起火出现在室内，当窗口接收的热辐射强度超出起火的极限热辐射强度时，即判断起火。



虚拟环境中的灾害模拟和防灾减灾

建筑工程多灾种灾变行为的仿真模拟

— 气象条件的影响

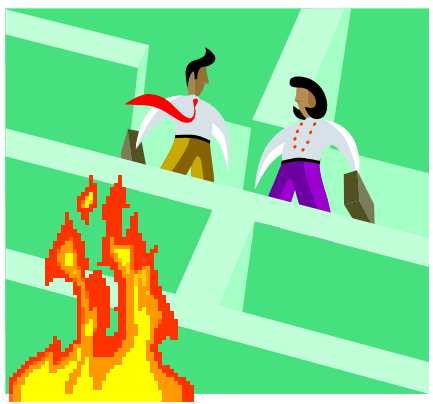
- 气温：一天中的温度变化可以利用余弦曲线来表示
- 湿度：划分成“非常高” ($>80\%$)、“高” ($60\% \sim 80\%$)、“中等” ($40\% \sim 60\%$)、“低” ($20\% \sim 40\%$)和“非常低” ($<20\%$)五个级别
- 降水：降水天气下模型认为火灾局限于建筑内部
- 风：风向控制室外火灾蔓延的方向，风力决定火灾蔓延的速度，考虑16个风向方位



虚拟环境中的灾害模拟和防灾减灾

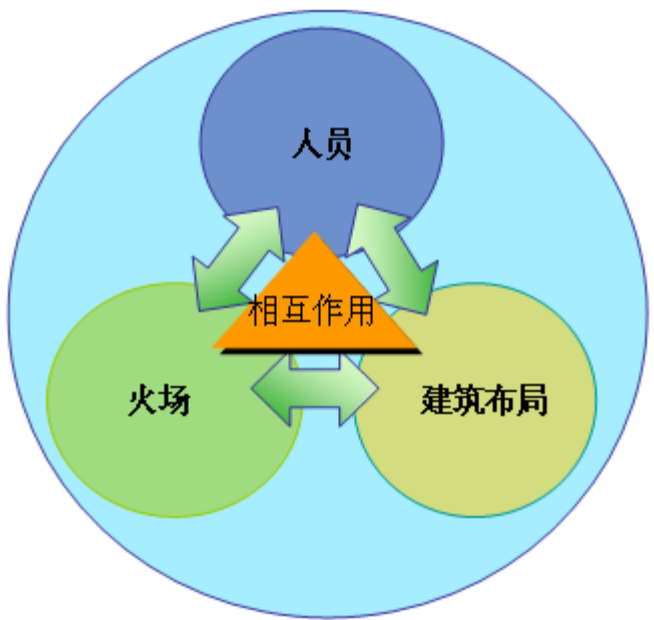
- 虚拟环境中火灾场景下人员疏散模拟

研究对象



火灾场景下的人员疏散

抽象模型



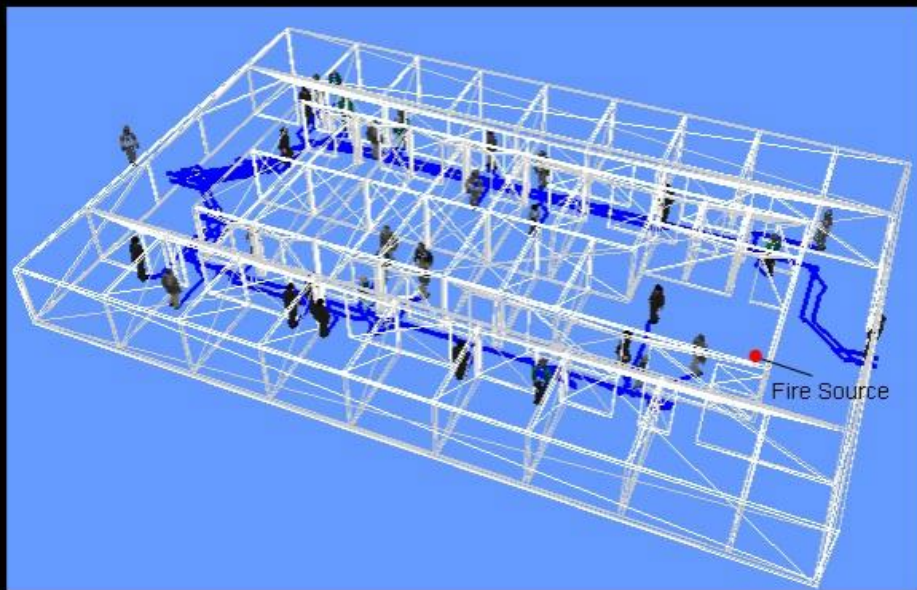
准确描述要素个体及个体间相互作用



虚拟环境中的灾害模拟和防灾减灾

● 灾害救援模拟及智能决策

佩戴偏振眼镜观察火场人员疏散的虚拟仿真

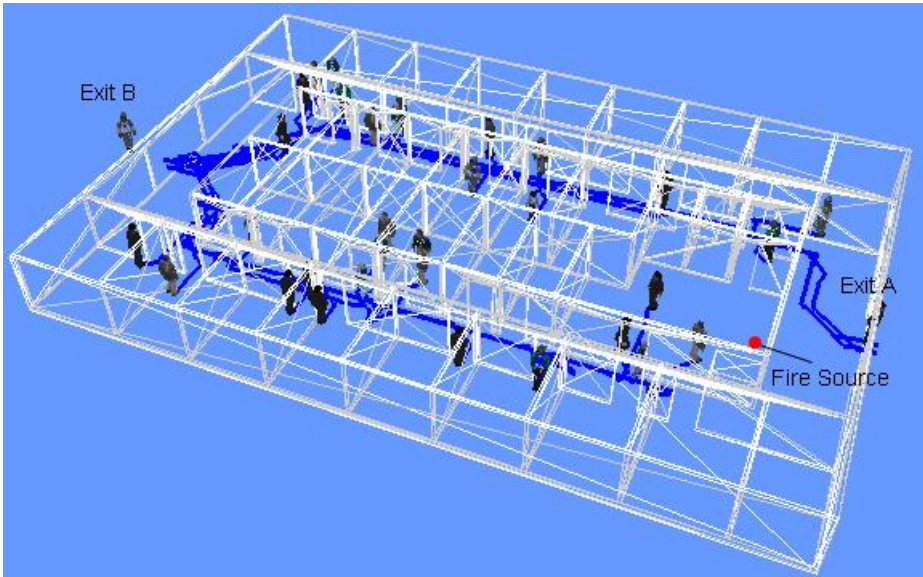


演示了通过模型计算求得的人员疏散轨迹、相应的火源位置、着火房间内人员的疏散情况。

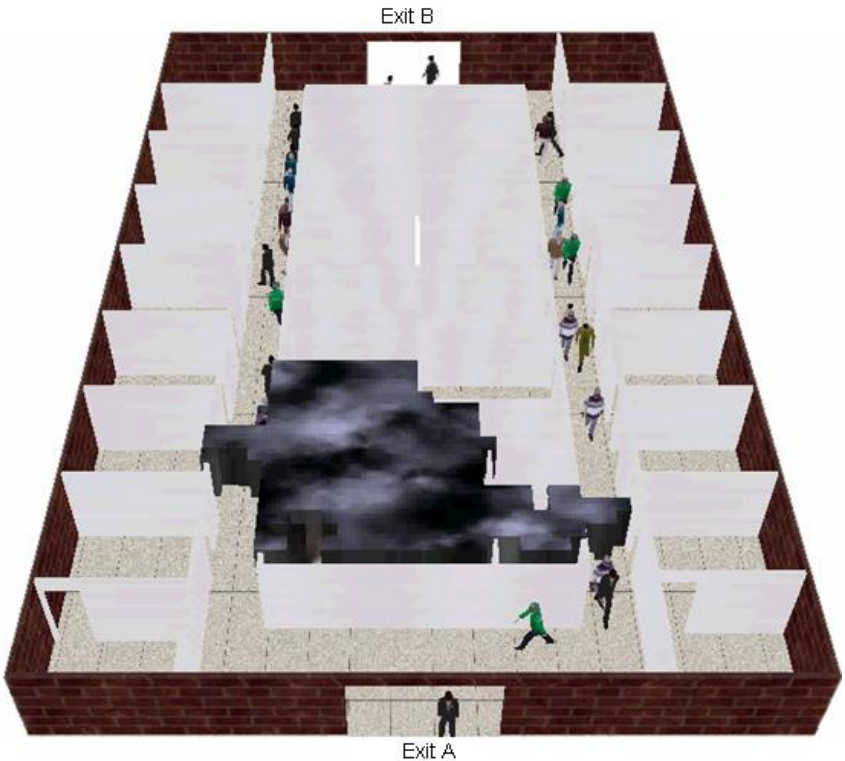


虚拟环境中的灾害模拟和防灾减灾

全局视图：建筑环境、火场、
人员的综合表现



轮廓视图：人员疏散轨迹与火源位置





虚拟环境中的灾害模拟和防灾减灾

着火房间内人员疏散



受困火场情形

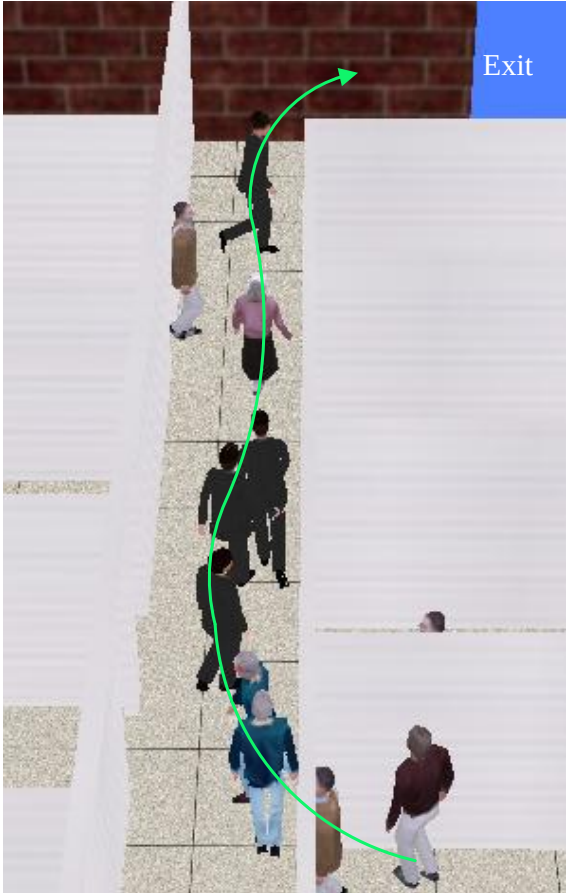




虚拟环境中的灾害模拟和防灾减灾



走廊内的人员疏散

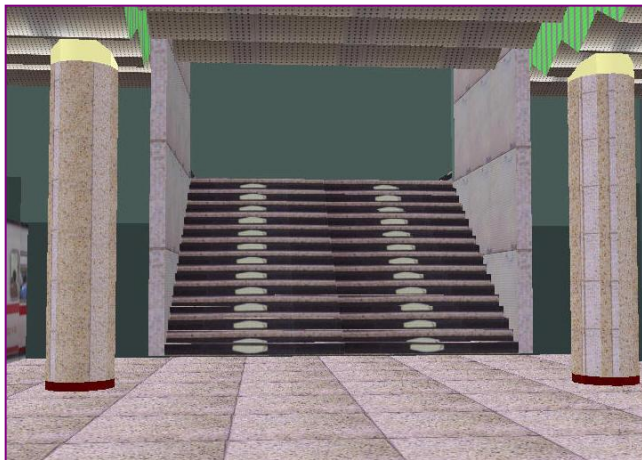


跟从行为



虚拟环境中的灾害模拟和防灾减灾

虚拟火灾疏散演习





虚拟环境中的灾害模拟和防灾减灾

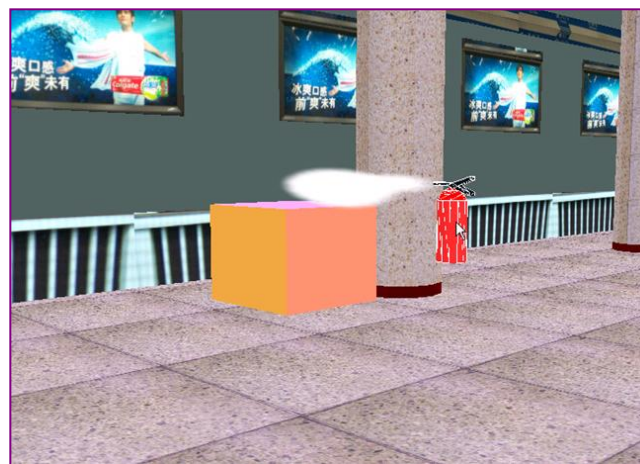
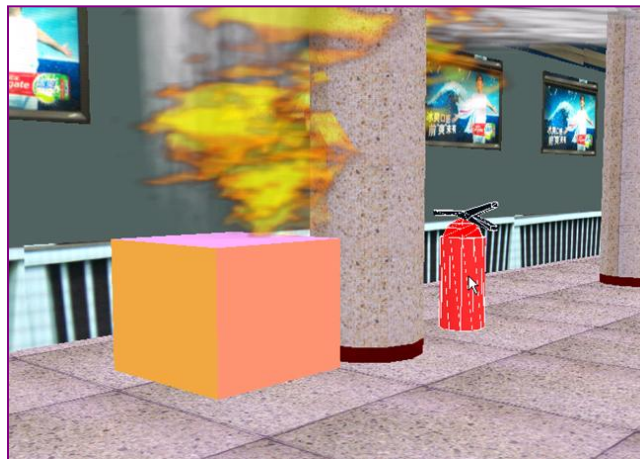
基于数值结果的疏散模拟





虚拟环境中的灾害模拟和防灾减灾

● 虚拟环境中火灾扑救



虚拟火灾扑救演练

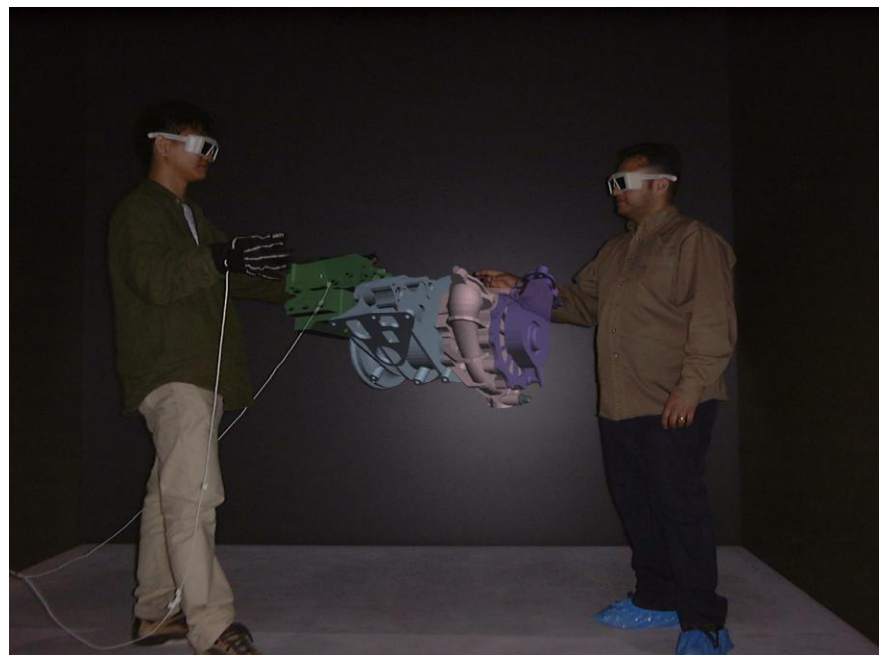
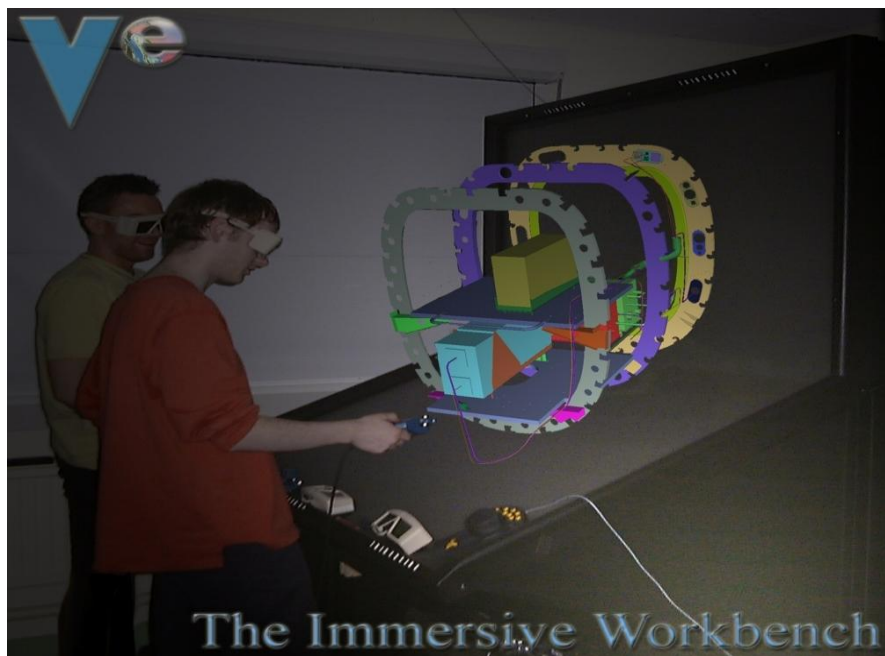




6.3 虚拟现实硬件和软件

● 虚拟现实设备

- 高性能计算机;
- 外部设备: 数据手套;
- 立体头盔;
- 立体投影系统。





虚拟现实设备



立体头盔



立体投影系统



三维鼠标



数据手套



虚拟现实软件

● OpenGL

- OpenGL是近些年发展起来的三维图形标准。在OpenGL之前，不同厂商的显示硬件使用不同的与硬件相关的图形函数库，这使得软件实现跨平台扩展成本很高。针对这种情况，在SGI等世界闻名的计算机公司的倡导下，以SGI的IRIS GLTM图形函数库为基础制定了一个**通用的、开放式的、独立于操作系统和硬件环境的三维图形标准**。
- 目前大部分主流的显卡硬件都支持OpenGL，包括Microsoft，SGI、IBM、DEC、SUN、HP等公司都采用OpenGL作为三维图形标准，许多软件厂商也纷纷以OpenGL作为基础开发出自己的产品。



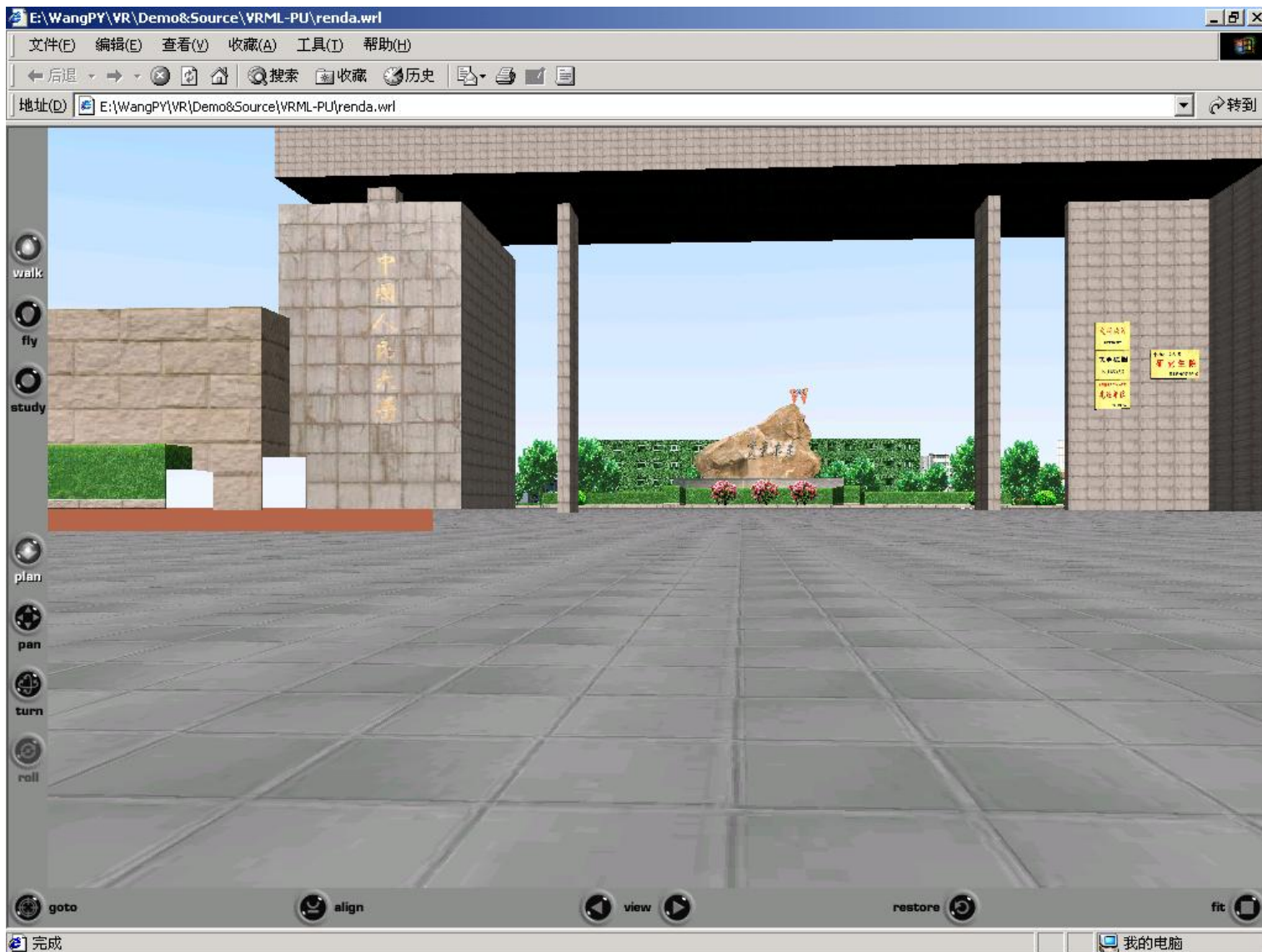
虚拟现实软件

● VRML (Virtual Reality Modeling Language)

- VRML是一种模型标记语言，需要一个渲染引擎把模型描述转换成人们所见到的图象。
- VRML作为一个**WEB应用的标准**，其浏览器插件有：
 - Microsoft VRML2.0浏览器，Windows自带的VRML插件；
 - 经典VRML插件：Cosmo;
 - blaxxun公司的blaxxunContact;
 - ParalleGraphics公司的CORTVRML
 - **Cortona3D**



虚拟现实软件





虚拟现实软件

● WTK

- WTK(World Tool Kit)由Sense8公司出品，是在OpenGL函数库的基础上开发的一种简洁的跨平台软件开发系统，包含1000个以上的C语言函数，应用于需要3D建模、实时浏览的仿真系统和虚拟现实系统。
- WTK在其结构上采用了面向对象的方法，命名采用了面向对象的原则，把OpenGL中的大部分函数分类组合在一起。



虚拟现实软件

– WTK支持常见的三维实体数据文件格式:

- Autodesk DXF 格式;
- Wavefront OBJ格式;
- Autodesk 3DS格式;
- MultiGen Flight格式
- WTK NFF格式;
- VRML (*.WRL) 格式.





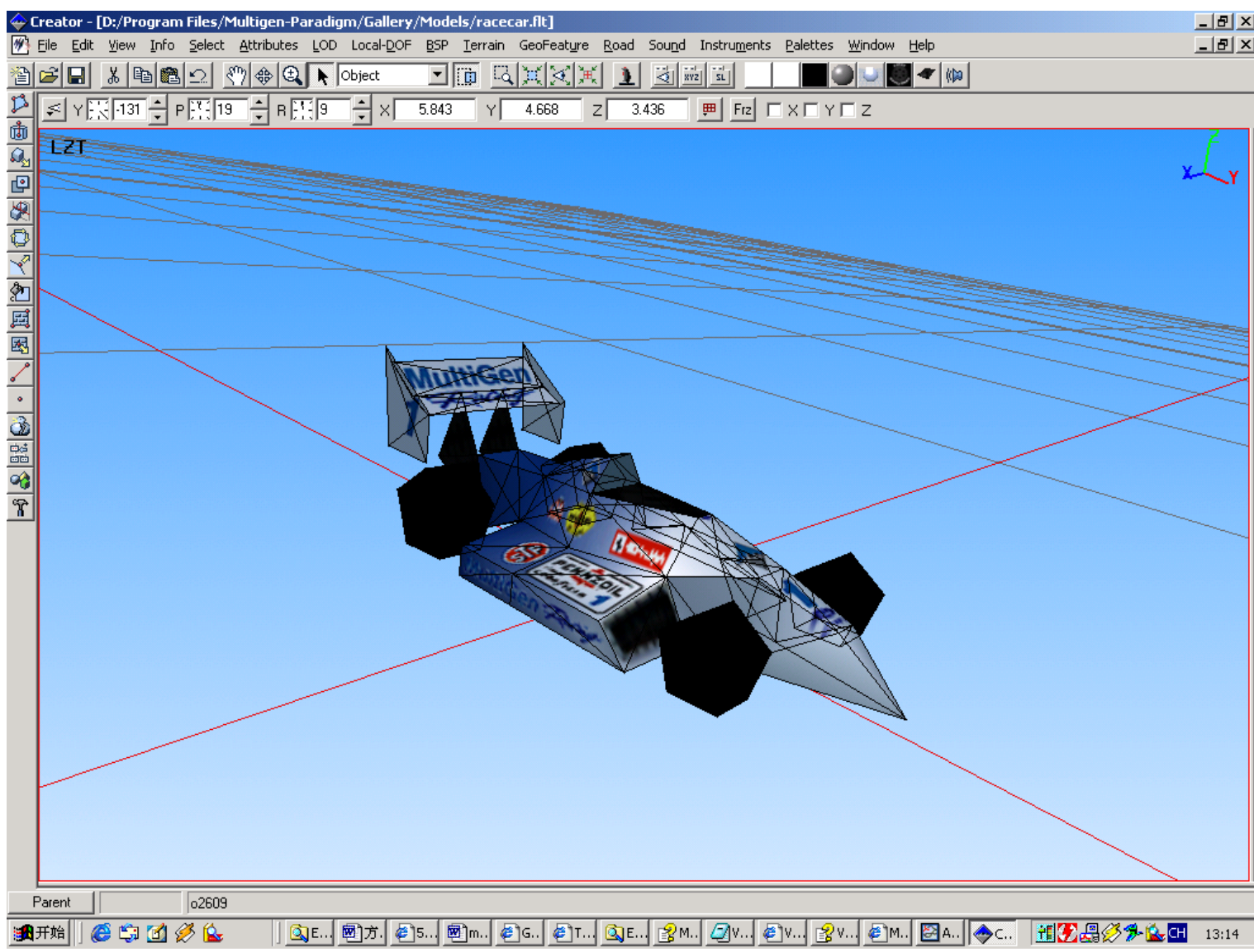
虚拟现实软件

• Vega & MultiGen Creator

- Vega是一套模块化C++函数库，用于创建实时可视化和音频仿真、虚拟现实系统。Vega中还包含LynX，一个可视化的编辑环境，可以在图形界面中修改视点、观察者、特殊效果、模型、数据库等信息。
- MultiGen Creator是一个图形化的三维建模工具，用于视景仿真、城市仿真等应用领域，支持多种文件格式，包括3D Studio File(*.3DS)，AutoCAD(*.DXF)，STL(*.STL)，以及OpenFlight (*.flt) 等多种文件格式。
- 利用Creator可以在图形界面中进行多边形建模、纹理贴图、雾化处理、LOD(Level Of Detail)分层等操作。同时它提供了一套地形表面生成工具，可以根据标准的数据格式USGS、NIMA等来生成地形表面。



虚拟现实软件





虚拟现实软件

- **Open Inventor**

- Open Inventor 3D Toolkit是TGS公司的一个面向对象的软件工具箱，用C++和Java语言对Open GL模块进行了封装，是一个跨平台（包括Windows, UNIX, Linux）、面向对象的3D图形函数库，内含450个以上的类，从底层的实体如球、材质、灯光等到高层应用的实体材质编辑器等。
- Open Inventor 是用C++语言编写的面向对象的函数库，允许程序员用自定义的新实体来扩展函数库。一些Open Inventor的程序员在基本函数库的基础上添加了Bezier曲面、CSG实体、动画实体等实体。

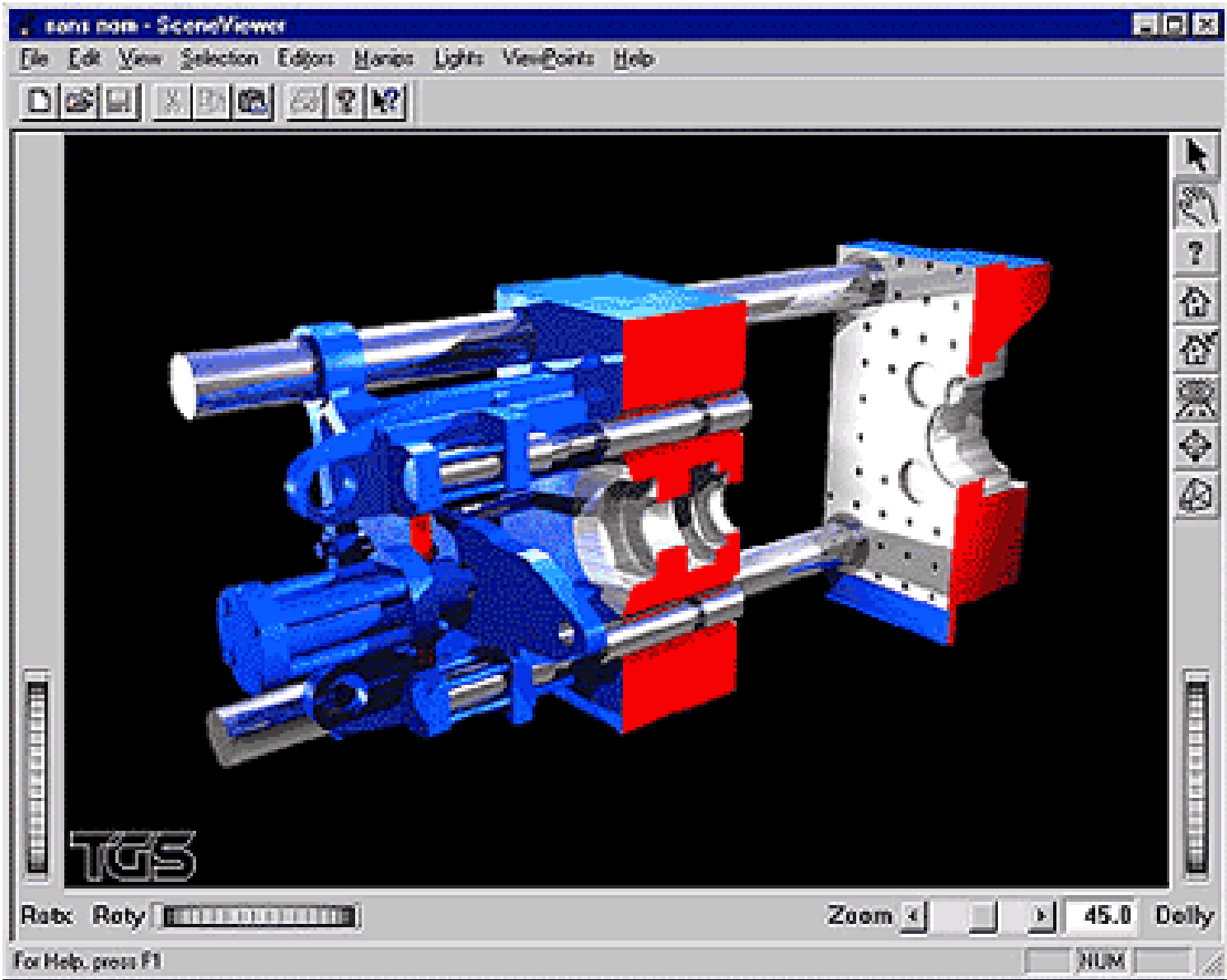


虚拟现实软件

- 针对Microsoft windows操作系统，TGS公司开发了一个MFC的3D扩展，叫IVF(Interactive Visual Framework™)，已经包括在Open Inventor中。利用IVF，在VC的WIZARD中添加自己的向导，可以方便的得到一个Open Inventor应用程序，在这个基础上在添加自己的功能代码也很方便。



虚拟现实软件





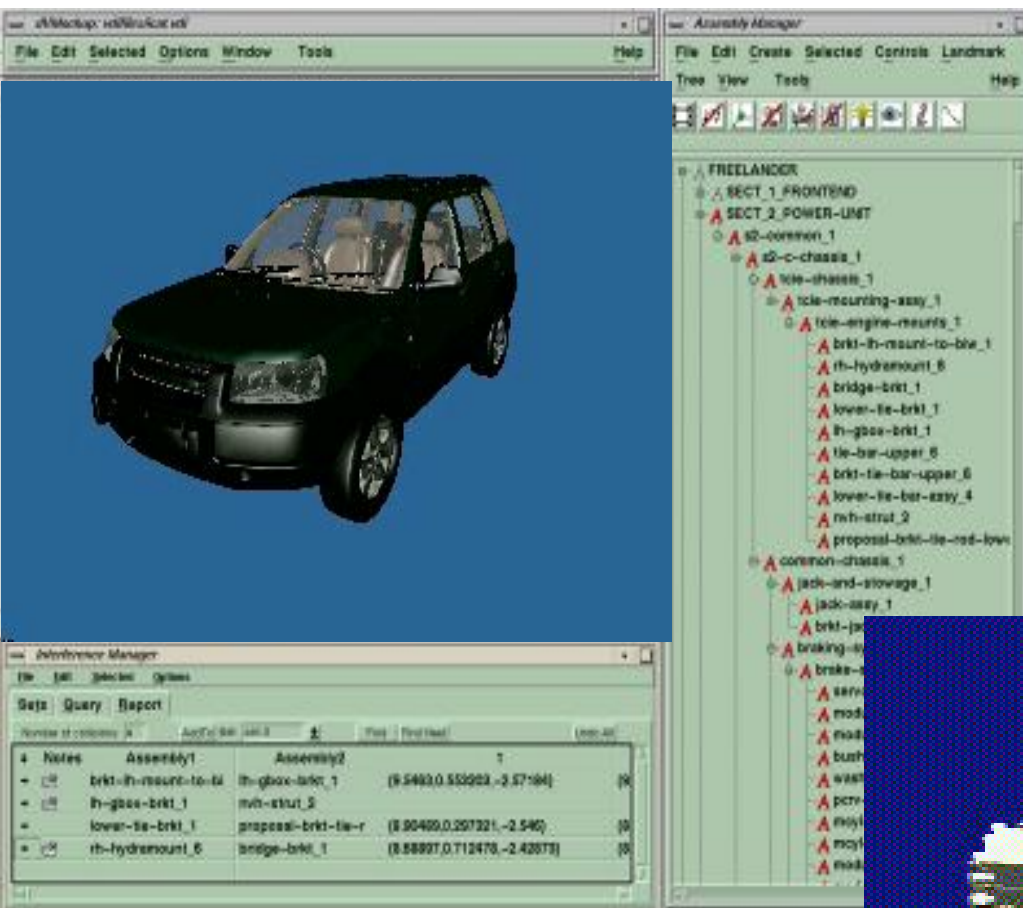
虚拟现实软件

● dV/Reality

- 大型产品模型实时浏览
- 浏览整个产品的数字模型及渲染效果
- 获取并改进产品设计思维
- 减少实物模装次数，节约成本

● dV/MockUp

- 获取完整的产品数字模型，进行预装配
- 操作仿真，如安装或拆除
- 利用人体模型进行人机工程设计，提高安全性
- 作为产品操作及维护的训练手段

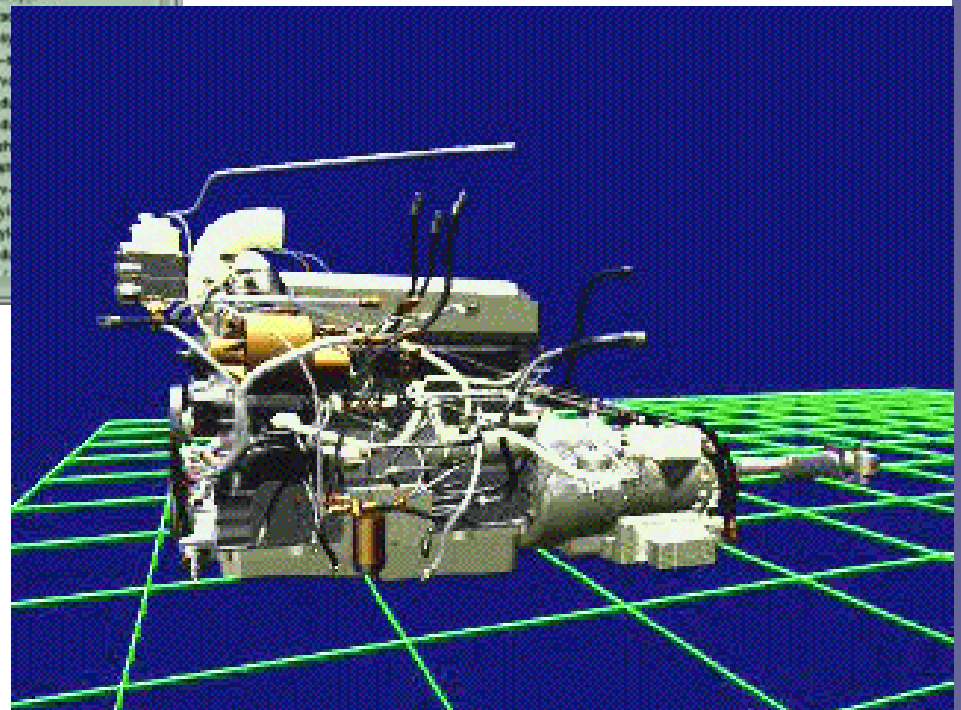


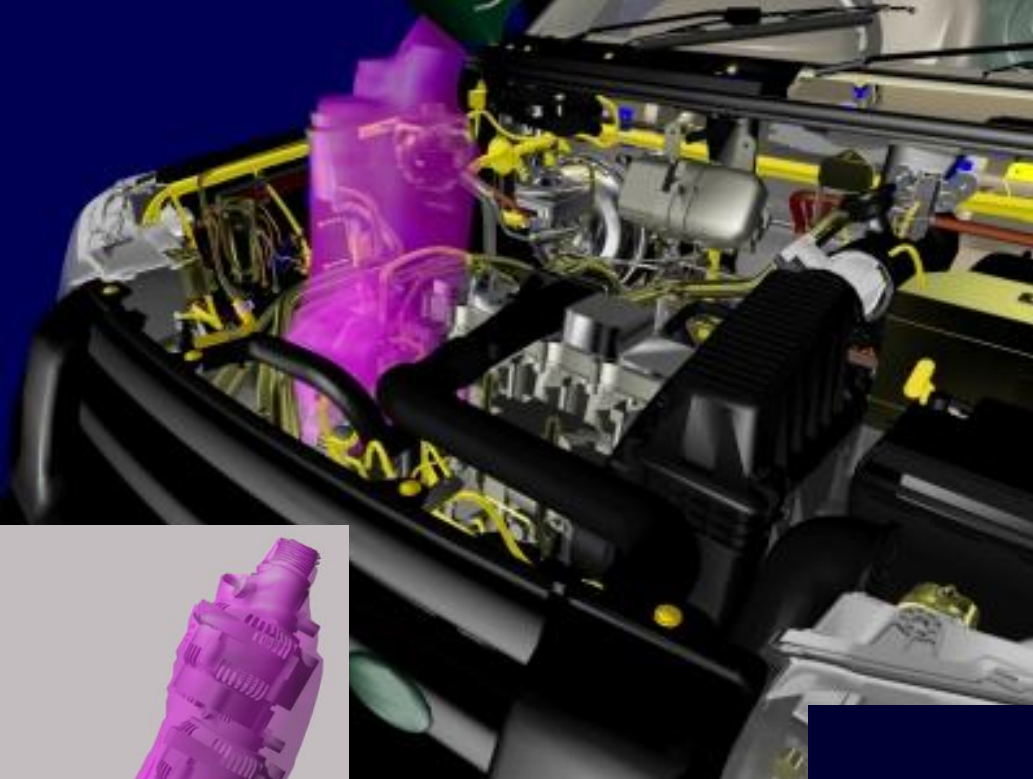
•干涉检查

— 静态干涉检查

•干涉及间隙检查

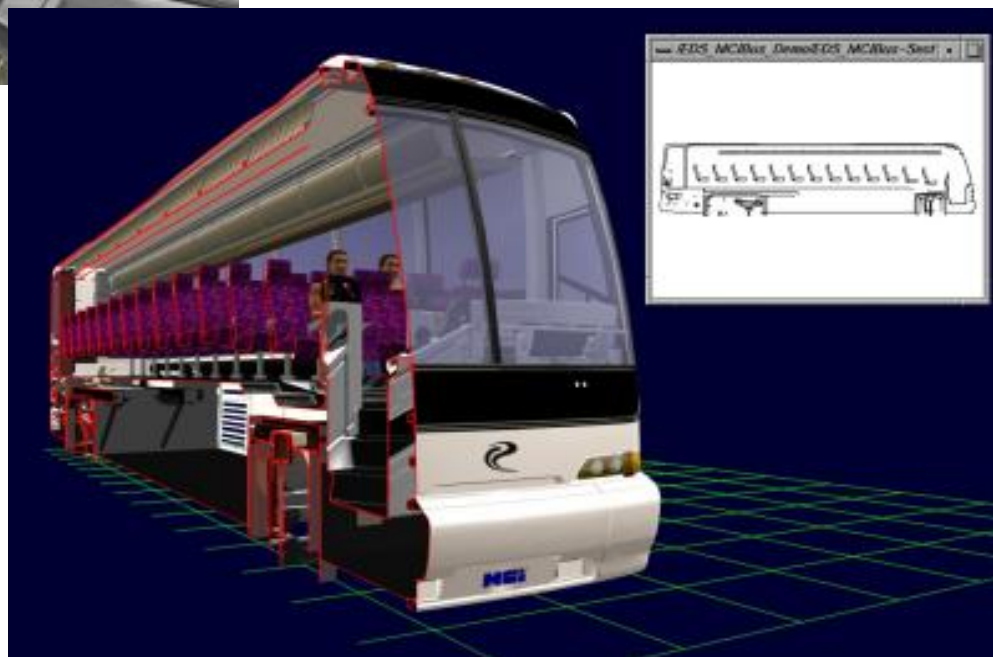
— 动态干涉检查





- 剖切检查
- 测量

- 设定安装及拆卸路径
可计算包络体







6.4 虚拟现实构造语言

- VRML (Virtual Reality Modeling Language)

虚拟现实构造语言

- 被广泛地应用于Internet上创建虚拟的三维空间，VRML可以创建虚拟的建筑物、城市、山脉、飞船、星球等，在虚拟世界中添加声音、动画，还可以和浏览者进行交互的虚拟空间。
- VRML文件特征是由一个公开的VRML规范文件所规定的，在 <http://tecfa.unige.ch/guides/vrml/vrml97/spec> 中可以找到这个规范文件，文件中叙述了VRML所有的技术细节。



6.4 虚拟现实构造语言

- VRML文件

- VRML文件是虚拟三维空间的文本描述，可以通过任何文本编辑器(写字板,Word)编写，然后保存为后缀为wrl的文件
- 常用的浏览器如Microsoft的Internet Explorer 通过自身集成VRML浏览插件，可以直接浏览带有VRML的网页

例1: VRML文件举例:

打开文本编辑器输入以下文本:(VRTest1)

```
#VRML V2.0 utf8
```

```
Group{
```

```
children[
```

```
#环境背景
```

```
Background{
```

```
skyColor [0.0 0.2 0.7, 0.0 0.5 1.0, 1.0 0 1.0]
```

```
skyAngle [1.309, 1.571]
```

```
groundColor[0.1 0.0 0.0, 0.4 0.25 0.2, 0.6 0.6 0.6,]
```

```
groundAngle[1.309, 1.571]
```

```
},
```

#输入文字

```
Shape{  
    appearance Appearance {  
        material Material { }  
    }  
  
    geometry Text {  
        string "Hello! World!"  
        fontStyle FontStyle{  
            size 2  
        }  
    }  
},
```

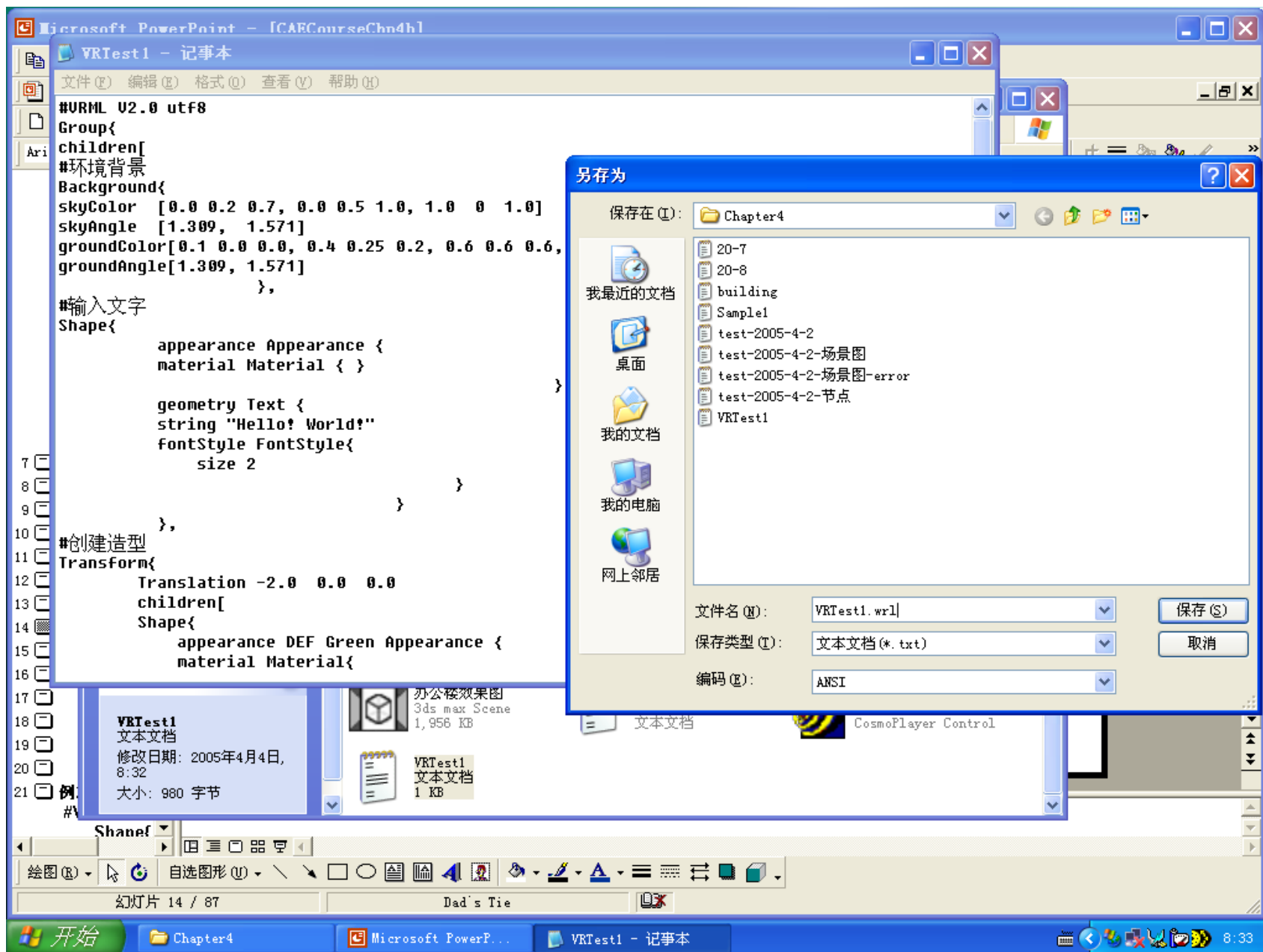

#创建造型

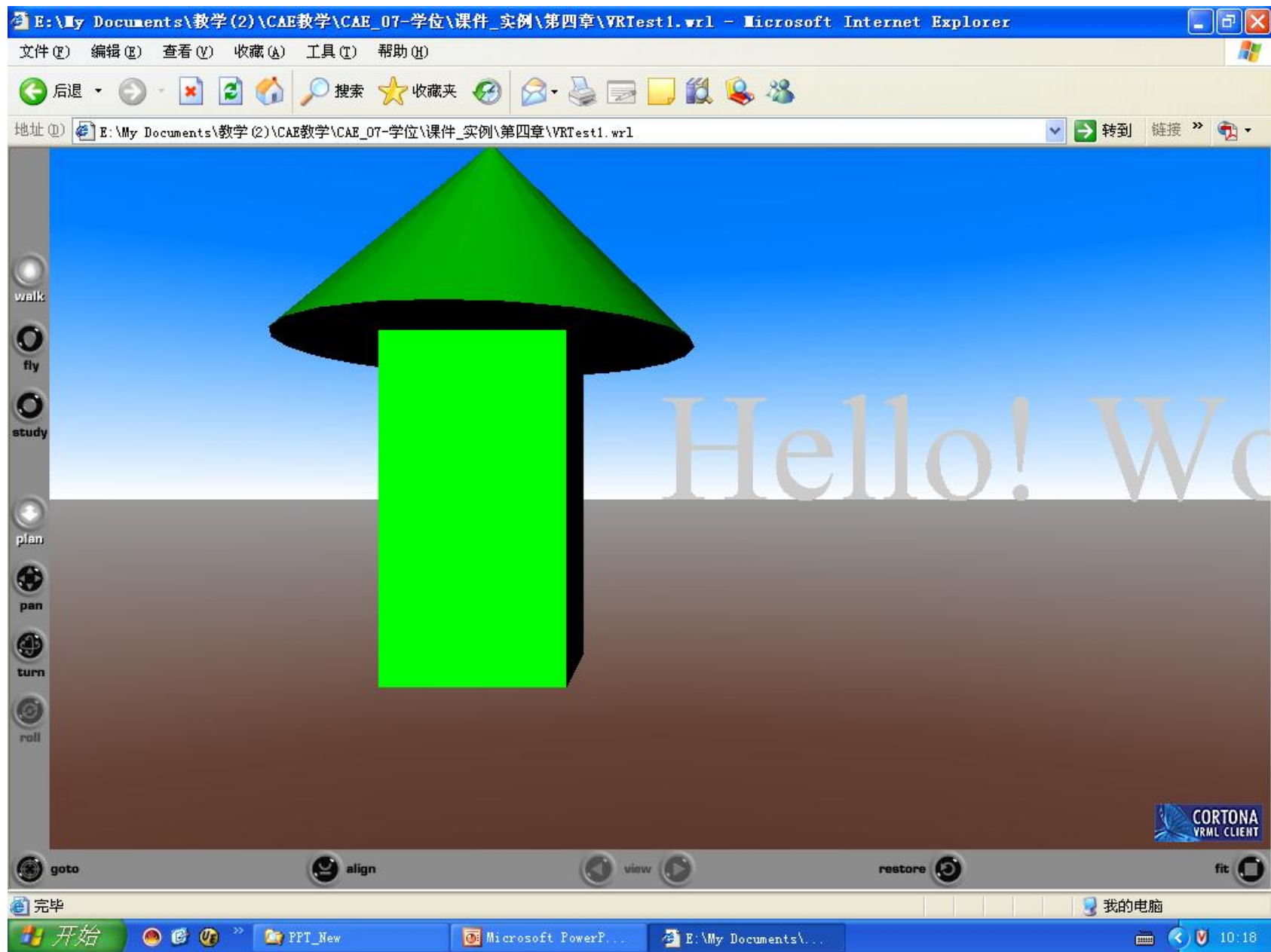
```
Transform{
    Translation -2.0 0.0 0.0
    children[
        Shape{
            appearance DEF Green Appearance {
                material Material{
                    diffuseColor 0.0 1.0 0.0
                }
            }
        }

        geometry Box{
            size 2.0 4.0 2.0
        }
    ],

    Transform{
        translation 0.0 3.0 0.0
```

```
children Shape{
  appearance USE Green
  geometry Cone{
    height 2.4
    bottomRadius 2.4
  }
}
]
```







本章学习重点

- 掌握虚拟现实、系统仿真、虚拟仿真的概念
 - 虚拟现实技术是直接把计算机合成的信息提供给人的感觉器官，生成逼真的视、听、说、触、动和嗅等感觉的虚拟环境，操作者借助必要设备可以自然方式与虚拟环境及物体进行交互，从而产生身临其境的感受和体验。
- 了解虚拟现实的意义
- 了解虚拟现实技术在土建工程中的应用
 - 虚拟设计
 - 虚拟建造
 - 虚拟防灾减灾
- 了解实现虚拟现实的软件 and 开发平台
- 熟悉VRML语言



提高内容参考

- 基于OpenGL开发一个能实现漫游的虚拟街道，街道两旁要有建筑、职务、行人和汽车等；
- 用VRML语言编写程序，做出一个复杂街区的虚拟现实场景；
- 用虚拟现实技术，实现钢结构吊装的虚拟施工；
- 用虚拟现实技术，实现“流沙”效果；



谢谢！

清华大学土木工程系

胡振中

邮箱：huzhenzhong@tsinghua.edu.cn

个人网站：<http://www.huzhenzhong.net>