



土木与建筑工程CAE

第一章：绪论

清华大学土木工程系

胡振中 副教授

huzhenzhong@tsinghua.edu.cn

Tsinghua University



讨论

- 调查问卷
- 自我介绍
- 什么是CAE?
- 计算机技术在土木建筑工程中有哪些应用?
- 举例一些你所知道的CAE软件



第一章 绪论

- 1-1 [课程目的和任务](#)
- 1-2 [计算机技术在土木建筑工程中的应用](#)
- 1-3 [CAE概念和研究范围](#)
- 1-4 [CAE软件](#)



1-1 课程目的和任务

- 本课程是土木工程系研究生的学位课程
 - 目的
 - 使学生了解的CAE涵盖范围,把握CAE的应用和发展方向,掌握CAE的主要技术,使学生接受最新知识和前沿技术。
 - 任务
 - 了解CAE的基本概念, CAE的工程应用和CAE的发展方向;
 - 学习CAE的主要技术,包括计算机图形学、CAE建模技术、CAE系统的可视化技术、有限元计算与分析、虚拟现实技术、CAE系统的智能化技术、网络技术和系统集成技术等。
 - 考核方式
 - 课堂表现30%,大作业选题20%,大作业报告和答辩50%。
 - 课堂支持
 - 为每位同学提供100元参考资料的支持经费;
 - 为课堂表现积极的同学提供课堂奖励。



教学大纲

第一章 绪论

- 1-1 课程目的和任务
- 1-2 计算机在土木建筑工程中的应用
- 1-3 CAE概念及研究范围
- 1-4 CAE软件

第二章 计算机图形学

- 2-1 土木建筑工程建模技术发展
- 2-2 三维几何模型
- 2-3 三维图形显示的关键技术
- 2-4 专业图形程序接口 (OpenGL)



教学大纲

第三章 建筑信息模型

- 2-1 建筑信息模型 (BIM) 概述
- 2-2 BIM 建模 - Autodesk Revit
- 2-3 数字地形模型 - Autodesk Civil 3D
- 2-4 研发与应用案例

讨论课: 大作业选题及应用案例 (第三周周二)

第四章 CAE系统的可视化

- 4-1 概述
- 4-2 标量场可视化技术
- 4-3 矢量场可视化技术
- 4-4 图像处理技术
- 4-5 CAE可视化应用



教学大纲

第五章 有限元计算与分析

- 5-1 有限元技术概述
- 5-2 前处理——有限元建模
- 5-3 求解——加载和计算分析
- 5-4 后处理——有限元分析的可视化
- 5-5 通用有限元分析程序ANSYS

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



教学大纲

第七章 CAE系统的智能化

- 7-1 智能系统与智能CAE
- 7-2 知识的获取表示与处理
- 7-3 基于神经网络的知识处理技术
- 7-4 MATLAB神经网络工具箱

第八章 CAE系统的网络化

- 8-1 计算机网络概述
- 8-2 Html语言编制静态网页
- 8-3 Web网络应用软件开发
- 8-4 云计算技术
- 8-5 移动网络应用软件开发
- 8-4 物联网技术



教学大纲

第九章 CAE系统的集成化

- 9-1 CAE集成化的概念
- 9-2 CAE集成化的方法
- 9-3 数据交换标准

课程大作业答辩（第八周）

[选题范围列表...](#)



1-2 计算机技术在土木工程中的应用

- CAD技术
- 科学计算可视化
- 有限元方法
- 虚拟现实技术
- 3S (GIS/GPS/RS) 技术
- 多媒体技术和网络技术



CAD技术

• CAD (Computer Aided Design)

- 研究综合应用计算机及其有关技术辅助人们进行工程和产品的设计的方法和技术。

- CAD基础技术:

» 图形处理技术

» 人机交互技术

» 工程分析技术

» 数据管理与数据交换技术

» 文档处理技术

» 软件设计技术

自动绘图
几何建模
图形仿真
图形输入
图形输出

有限元分析
优化设计
工程分析与
处理

文档制作
文档编辑
文字处理

数据库管理
工程数据处理
数据交换标准
与接口

交互输入
交互控制
图形拾取
交互接口

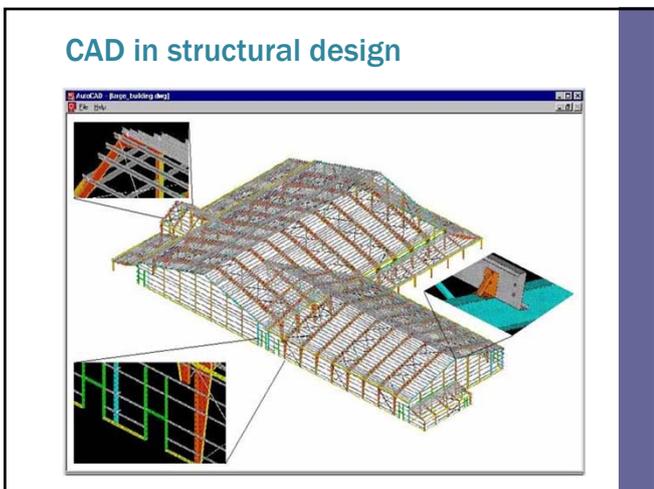
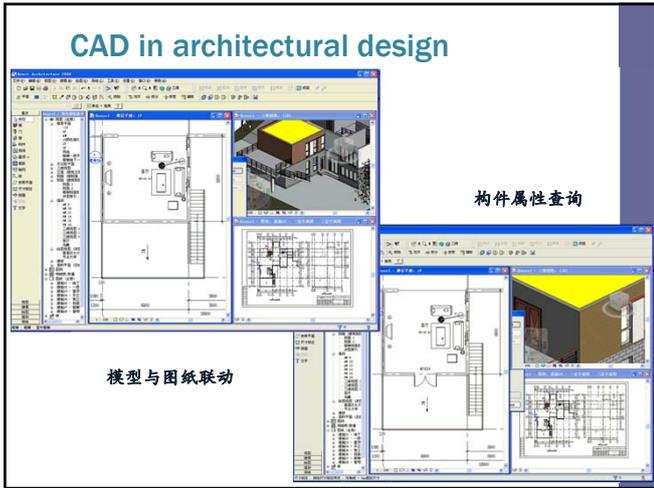
软件工程规范
需求分析
系统设计
软件编制
软件测试



CAD技术

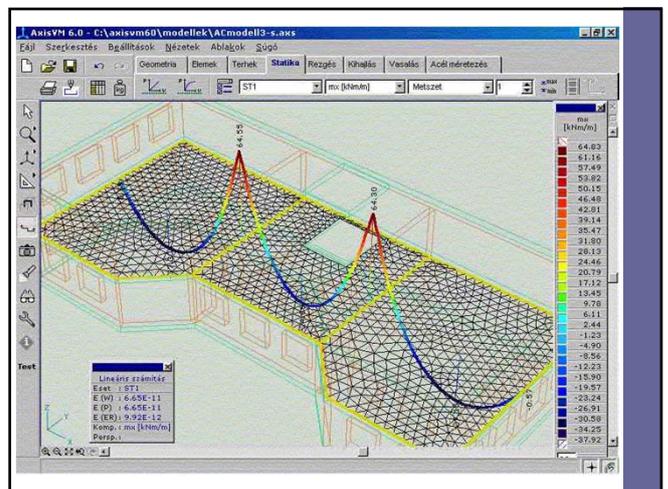
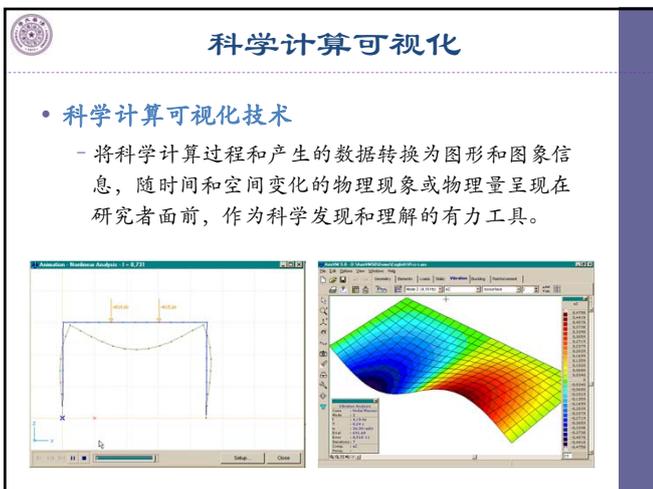
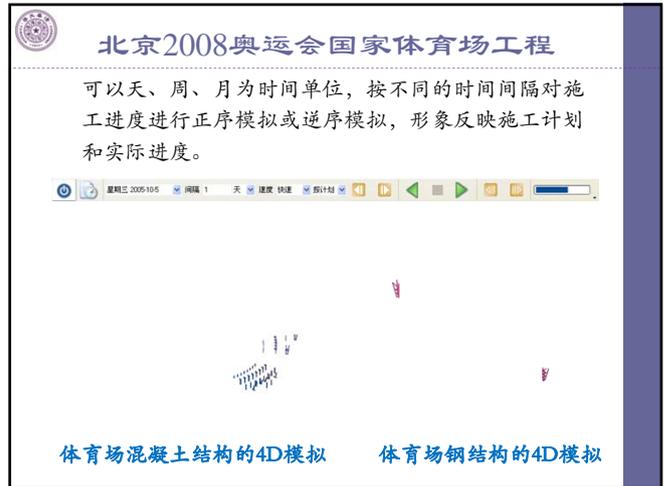
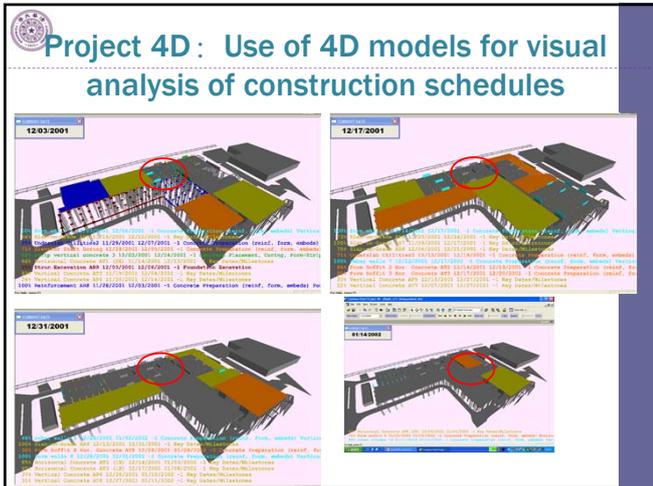
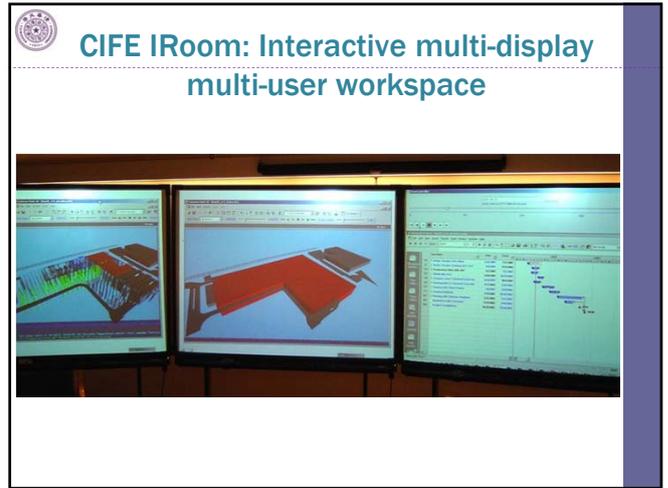
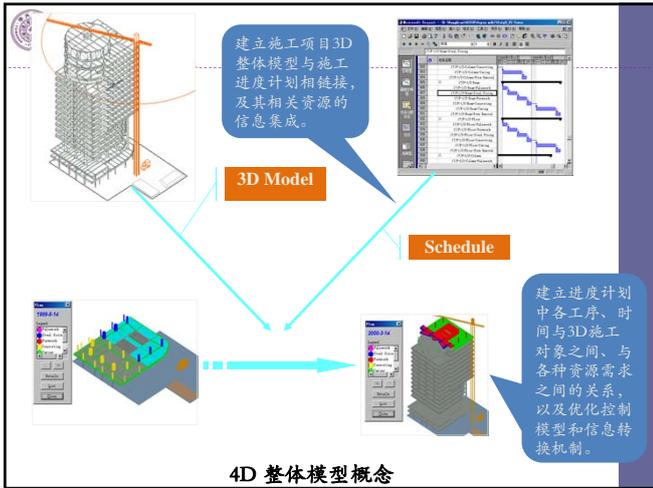
• CAD技术在土木工程中的应用

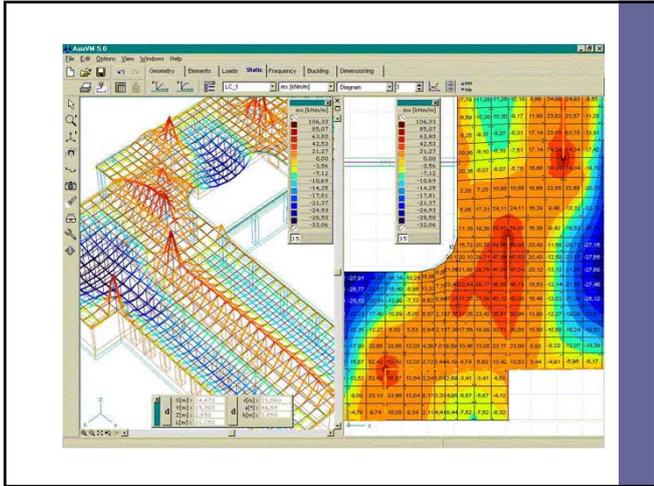
- **建筑设计:** 包括三维造型、建筑渲染图设计、平面布景、建筑构造设计、小区规划、日照分析、室内装潢设计等环节;
- **结构设计:** 包括有限元分析、结构平面设计、框/排架结构计算和分析、高层结构分析、地基及基础设计、钢结构设计与加工等环节;
- **设备设计:** 包括水、电、暖等各种设备及管道设计;
- **城市规划和城市交通设计:** 如城市道路、高架、轻轨、地铁等设计;
- **市政管线设计:** 如自来水、污水排放、煤气、电力、暖气、通信(包括电话、有线电视、数据通信等)等各类市政管道线路设计;
- **交通工程设计:** 如公路、桥梁、铁路、航空、机场、港口、码头等的设计;
- **水利工程设计:** 如大坝、水渠、河海工程等的的设计。



4D-CAD技术

- **4D-CAD基于4D模型技术**
 - 4D模型在3D模型的基础上，附加时间因素，将模型的形成过程以动态的3D方式表现出来的图象化模型。
- **应用于土木工程施工管理**
 - 以建筑物的3D模型为基础，施工的建造计划为其时间因素，将工程的进展形象地展现出来，形成动态的建造过程模拟。
 - 4D模型不仅仅是一种可视的媒介，使用户可以看到建筑物施工过程的图形模拟，而且能对整个形象计划过程进行自动地优化和控制。





科学计算可视化的应用

- 医学**

由核磁共振、CT扫描等产生的人体器官密度场，对于不同的组织，表现出不同的**密度值**。通过多个方向多个剖面表现**病变区域**，或重建为具有不同细节程度的三维真实图像，使医生对病灶部位的大小、位置，有定性和定量的认识。尤其对大脑等复杂区域，医生可以对病变部位进行确诊，制定出有效的手术方案。在临床上也可应用在放射诊断、制定放射治疗计划等。

Visualization of Brain Structures

on tensor MRI(DTI) data sets. We extract the diffusion information from the diffusion tensor fields by **BrainVis**. The models are displayed on various graphics environment, including the Cave and the Eterna or features and patterns in DTI data sets.

科学计算可视化的应用

- 地质勘探**

利用模拟人工地震的方法，可以获得地质岩层信息。通过数据特征的抽取和匹配，可以确定地下的矿藏资源。用可视化方法对模拟地震数据的解释，可以大大地提高地质勘探的效率和安全性。

科学计算可视化的应用

- 航天工业**

飞行器高速穿过大气层时周围气流的运动情况和飞行器表面的物理特性的变化，用**流场可视化**技术进行直观的展现。尤其是对飞行器的**不稳定现象**、**超音速流**的研究等计算流体力学里的新课题，借助可视化技术，许多意想不到的困难都可以迎刃而解了。

科学计算可视化的应用

天体物理

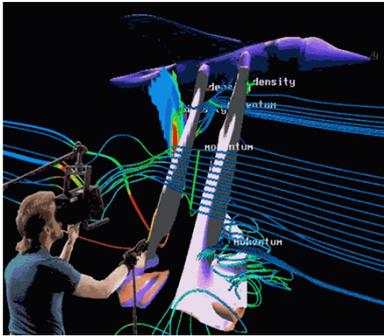
科学计算可视化的应用

- 化学**



科学计算可视化的应用

• 虚拟风洞



有限元方法

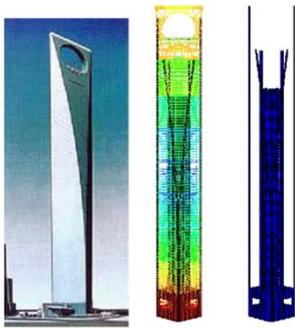
• 有限元方法

- 有限元法是一种数值离散化方法，是力学和计算机技术相结合的产物，是CAE的重要组成部分。
- 原理
 - 将整个结构划分为若干数量和尺寸有限的规则小块，称为**单元**。这些单元可以是杆件、多边形、多面体等。
 - 离散化**
 - 假设单元与单元之间在节点上相连接。
 - 把节点力或节点位移作为未知数，将单元内部的应力表达成节点力或节点位移的函数。
 - 在单元内和总体结构满足平衡、连续、协调条件下，求出节点力或节点位移，最后计算各单元的应力。



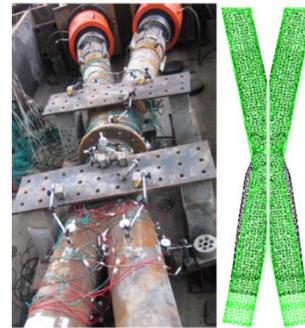
有限元方法的应用

❖ 上海环球金融中心



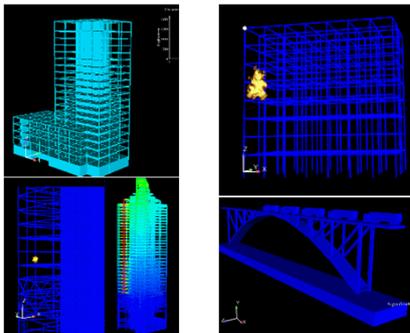
有限元方法的应用

❖ 广州珠江新城西塔



有限元方法的应用

❖ 倒塌分析

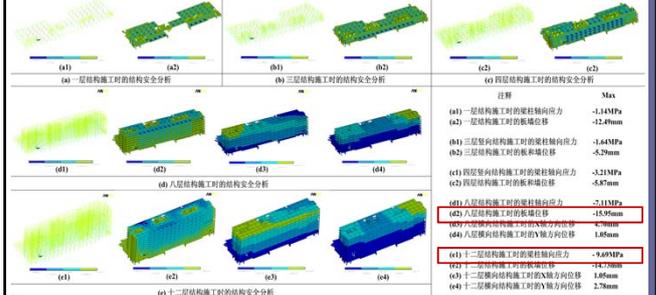


有限元方法的应用

❖ 施工过程安全分析

五个典型时间点的时变结构分析结果：

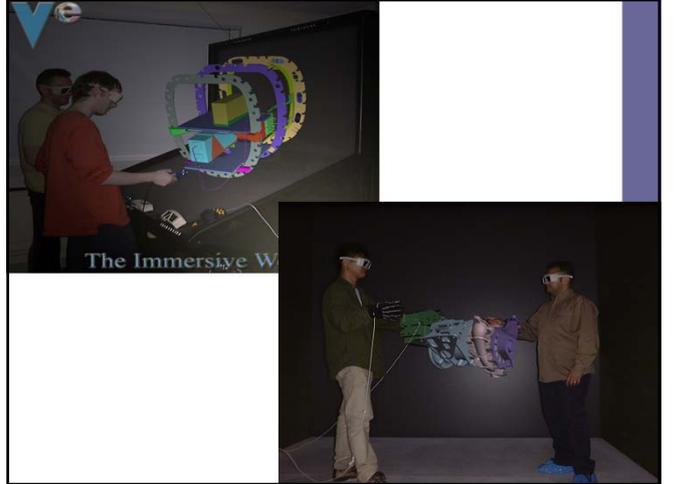
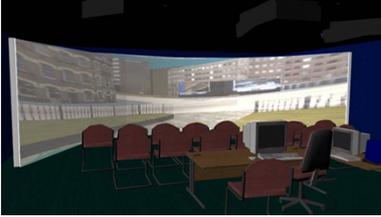
- 十二层结构施工时梁柱轴向压应力达到最大的9.91MPa
- 八层结构施工时板墙位移达到最大的15.95mm



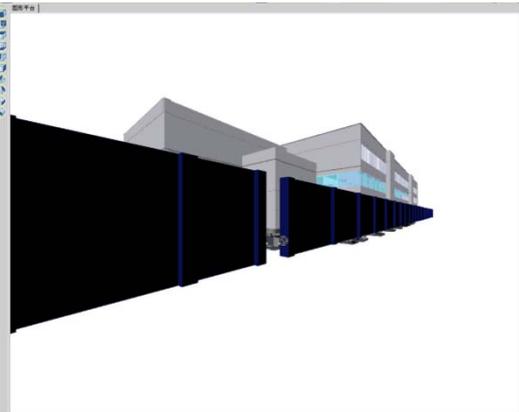


虚拟现实技术 (VR)

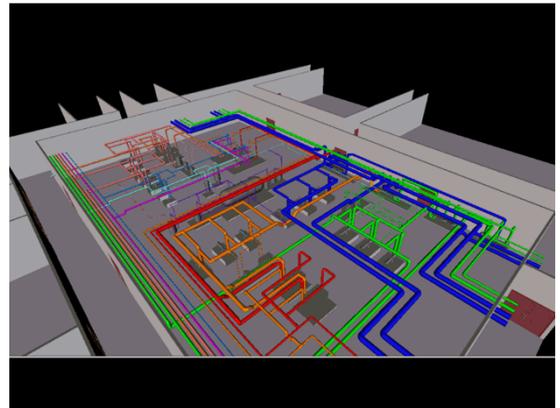
- 1989年, 美国VPL Research公司创始人Jaron Lanier提出了“Virtual Reality”(虚拟现实)的概念。其另一个名称是“Virtual Environment”(虚拟环境)。
- “Virtual”-虚拟, 人工构造, 存在于计算机内部。用户能够“进入”这个虚拟的环境中, 用户以自然的方式与这个环境交互, 从而产生置身于相应的真实环境中的虚幻感, 即身临其境的感觉。



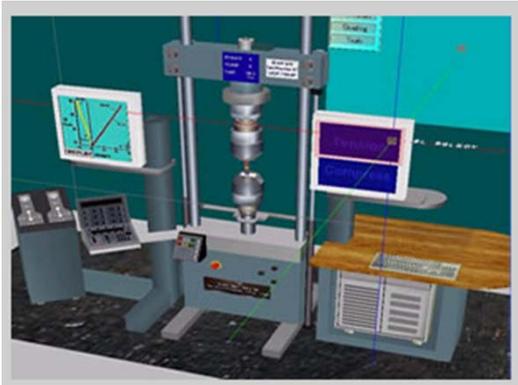
虚拟设计



虚拟设计



虚拟实验

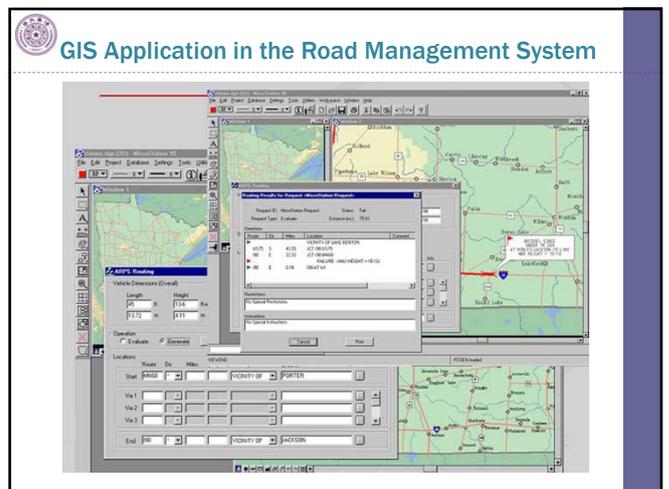
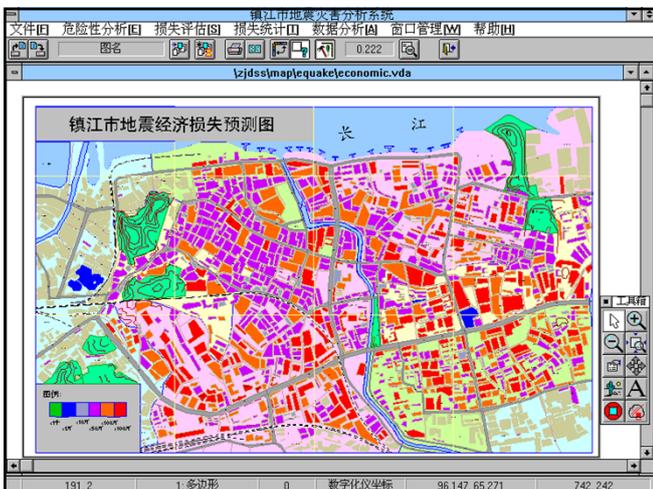
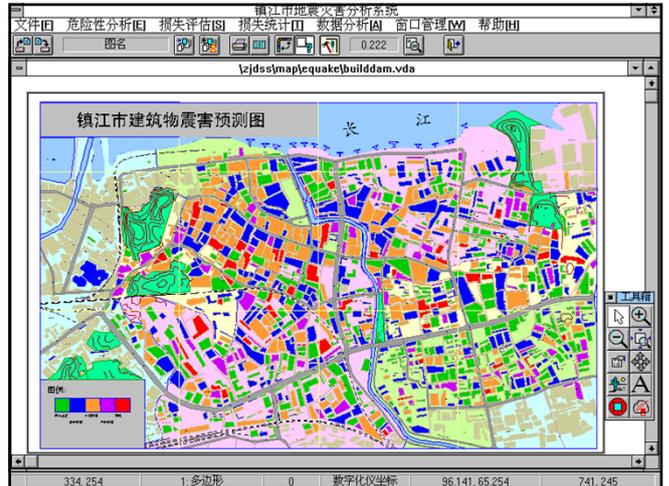
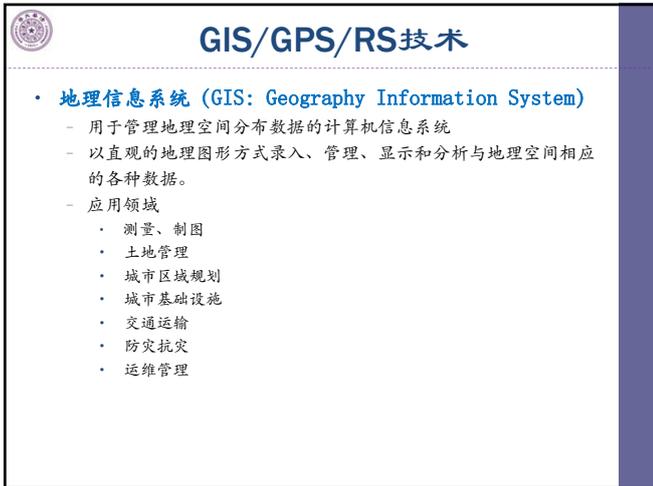
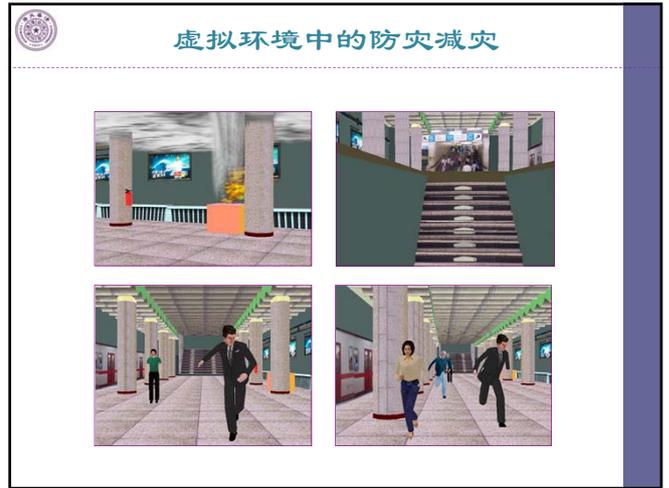
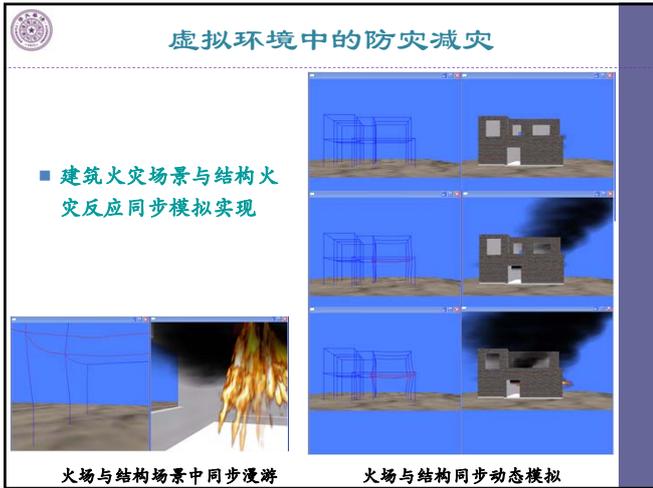


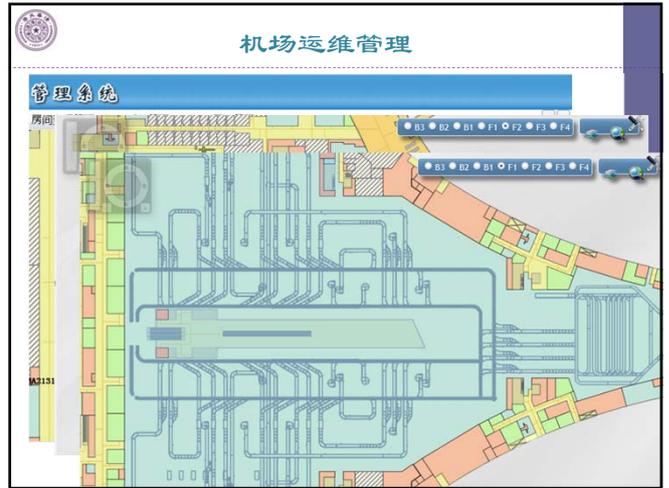
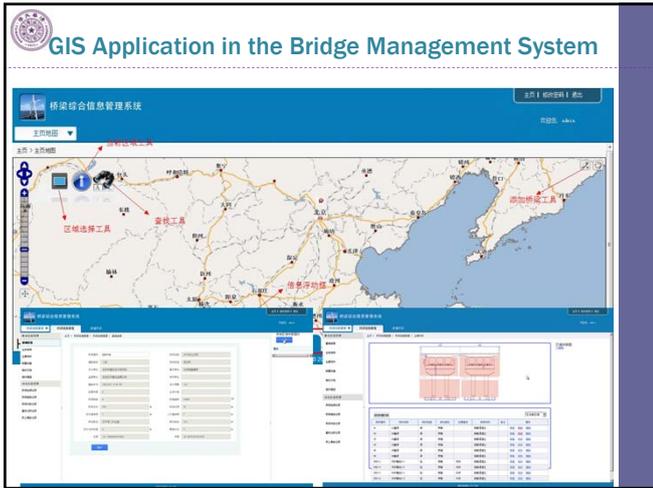
虚拟建造



预制构件吊装施工模拟
(香港理工大学)



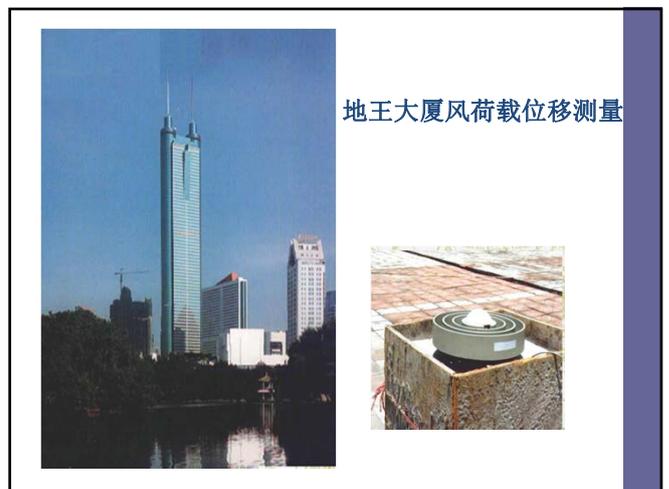




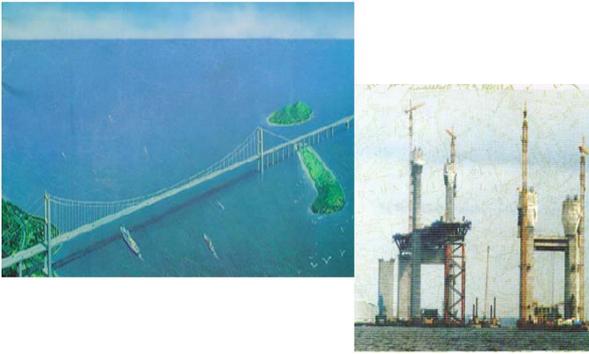
全球定位系统

GPS (Global Positioning System)

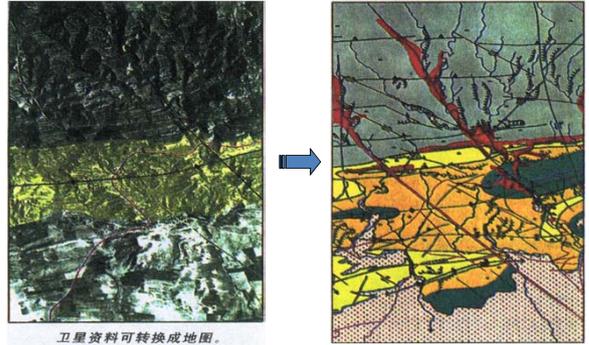
- **GPS定位系统全称:** 授时测距导航/全球定位系统 (Navigation system timing and ranging/Global positioning system)
- **原理:** 无线电测距交会定位
- **GPS卫星定位系统组成**
 - 空间卫星星座部分
 - 地面监控部分
 - 用户接收机



虎门大桥实时监测系统



遥感 (RS-Remote Sensing)



卫星资料可转换成地图。

Translate aerophotos into maps

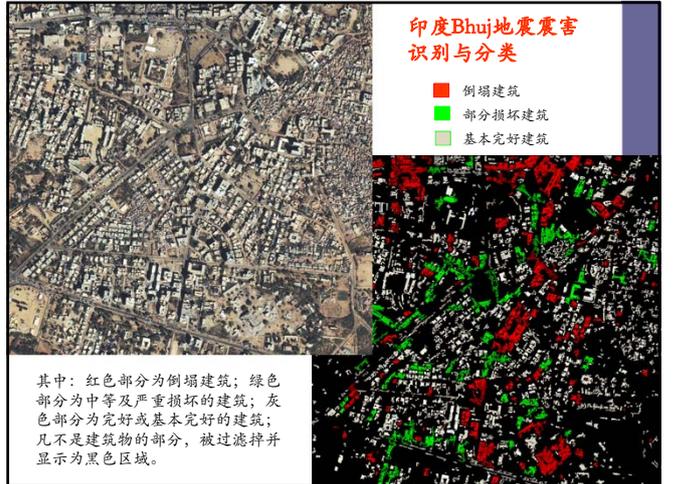


土耳其地震炼油厂起火影像

Derince, Turkey——炼油厂震后起火
Landsat-7 ETM+ image (752) acquired on the 17th of August 1999.

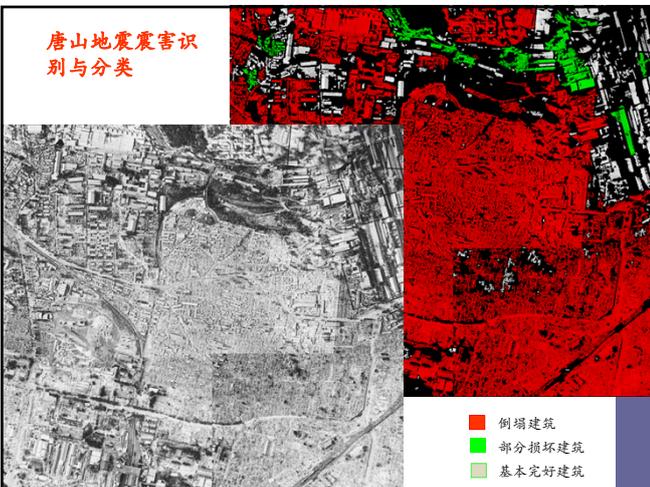
印度Bhuj地震震害识别与分类

- 倒塌建筑
- 部分损坏建筑
- 基本完好建筑

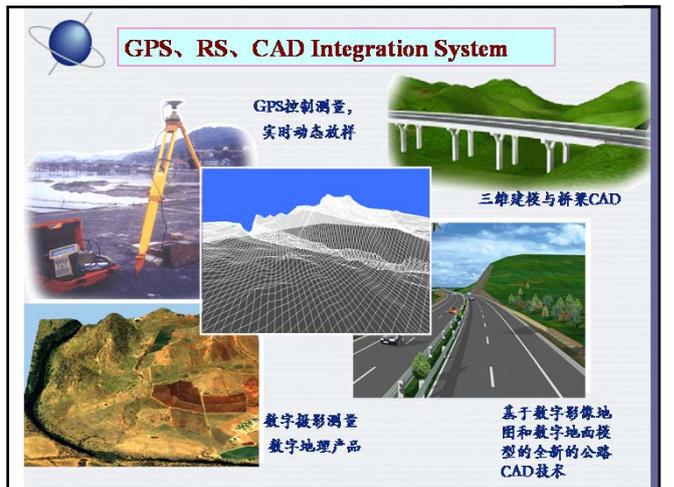


其中：红色部分为倒塌建筑；绿色部分为中等及严重损坏的建筑；灰色部分为完好或基本完好的建筑；凡不是建筑物的部分，被过滤并显示为黑色区域。

唐山地震震害识别与分类



GPS、RS、CAD Integration System



GPS控制测量，实时动态放样

三维建模与桥梁CAD

数字摄影测量
数字地理产品

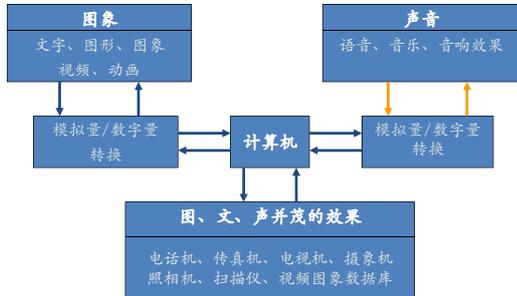
基于数字影像地图和数字地面模型的全新的公路CAD技术



多媒体技术和网络技术

• 多媒体技术:

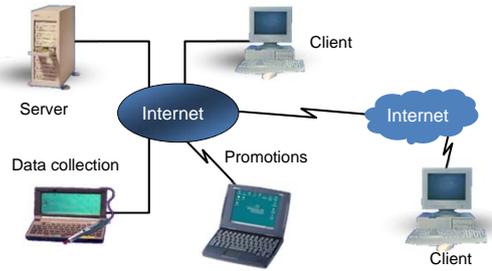
将数字声音、数字图像、数字电视图像、计算机图形和计算机集成为一个具有人-机交互功能和可编程环境的技术。



多媒体技术和网络技术

• 网络技术:

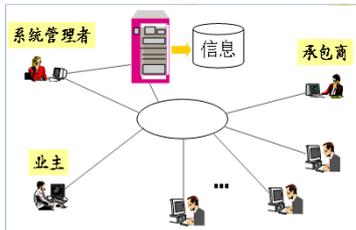
在某个区域内，把分散的微机和工作站系统、大容量存储装置、高性能的图形设备以及通信装置，通过通信协议连接起来，实现相互通信、协调合作和共享资源。



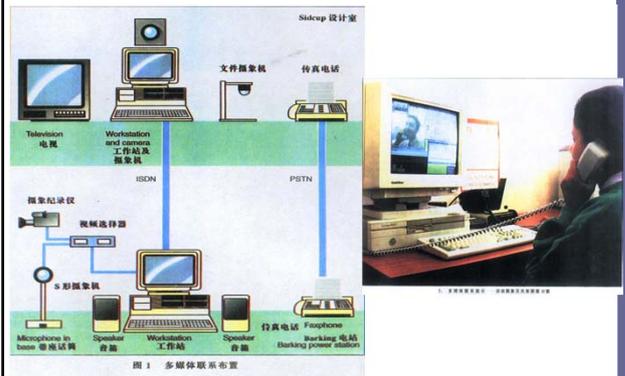
多媒体技术和网络技术在建筑工程应用

• 建筑工程应用: 多媒体技术与网络技术相结合

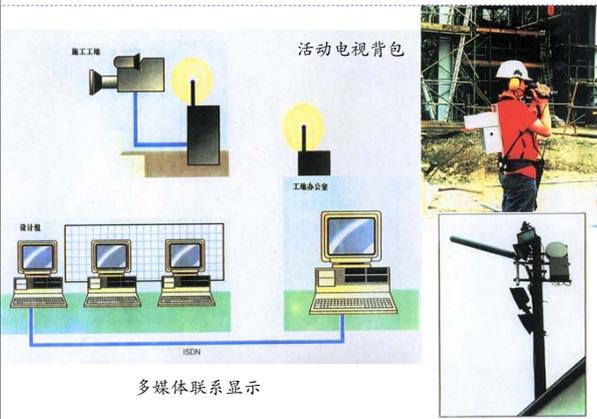
- 实现设计人员与施工人员之间的多媒体通讯;
- 实现从数据录入、信息查询、交互设计、成果输出以及到施工现场控制，都可采取语言、图像、动画、视频、音像等多种信息表达方式。
- 工程建筑宽带带集成系统(美国Barking电站应用)。



多媒体技术和网络技术在建筑工程应用



多媒体技术和网络技术在建筑工程应用



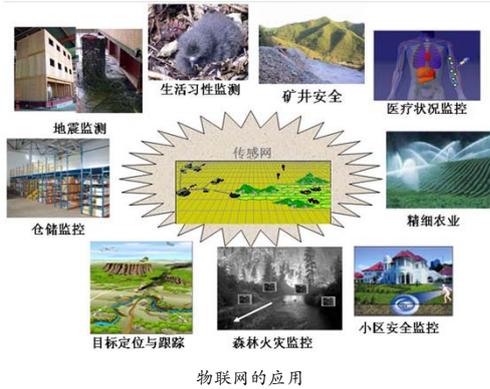
多媒体技术和网络技术在建筑工程应用

500 million apps downloaded. And counting.

There are more than 15,000 apps on the App Store, and so far iPhone users have downloaded an incredible 500 million, in every category from games to business.

移动网络改变生活

多媒体技术和网络技术在建筑工程应用



物联网的应用

1-3 CAE概念及研究范围

• CAE (Computer Aided Engineering)

- CAE是面向产品生成或工程建设生命周期 (Life Cycle) 的计算机系统, 提供计算机辅助生成产品或工程建设过程的标准和概念以及相应的技术基础, 提供一个支持设计、生产、管理全过程的集成环境。
- 在一个工程的生命周期中 (Life Cycle) 中全面地应用计算机技术, 项目数据在各部门中共享。

CAE 软件是迅速发展中的计算力学、计算数学、相关的工程科学、工程管理学与现代计算技术相结合, 而形成的一种综合性、知识密集型信息产品。CAE 软件可以分专用和通用两类: 针对特定类型的工程或产品所开发的用于产品性能分析、预测和优化的软件, 称之为专用 CAE 软件; 可以对多种类型的工程和产品的物理、力学性能进行分析、模拟、预测、评价和优化, 以实现产品技术创新的软件, 称之为通用 CAE 软件。

计算机辅助工程 (CAE) 是一个很广的概念, 从字面上讲它可以包括工程和制造业信息化的所有方面, 但是传统的 CAE 主要指用计算机对工程和产品进行性能与安全可靠性分析, 对其未来的工作状态和运行行为进行模拟, 及早发现设计缺陷, 并证实未来工程、产品功能和性能的可用性与可靠性。

1-3 CAE概念及研究范围

• 土木与建筑工程CAE研究

- 土木与建筑工程CAE是94年以后提出来
- 土木与建筑工程CAE:
 - Covers the whole field of CAD and CAM.
 - Computer Application Covers the Whole Field of within Building Life Cycle)
- CAD—Computer-Aided Drafting and Design
 - Specifically involves computers in the design process.
- CAPM—Computer-Aided Project Management
- CACM—Computer-Aided Construction Management
- Integrated System for variable disciplines in the project life cycle
- Combination of GIS and CAD
- Remote transfers of project data
- Computer-Aided Real Estimate

1-3 CAE概念及研究范围

- 土木与建筑工程CAE:

- 数据获取;
- 概念设计;
- 模型建立;
- 分析计算;
- 优化设计;
- 性能评价;
- 文档管理;
- 与生产、生产管理、市场运行等其他过程的集成。

• 工程信息的获取、表示、管理和应用

1-3 CAE概念及研究范围

- 土木建筑工程CAE:

- 向工程建设全过程拓展, 是要实现土木建筑集成化的计算机辅助工程建设。
- 集成化的概念最初提出于机械制造领域, 主要是指:
 - CAD+MIS (Management Information System 管理信息系统)
 - CAPP (Computer Aided Process Planning 计算机辅助工艺)+MIS
 - CAM (Computer Aided Manufacturing 计算机辅助制造)+MIS
 - CIMS (Computer Integrated Manufacturing System 计算机集成制造系统):
 - 市场预测
 - 产品设计
 - 加工制造
 - 生产管理

1-3 CAE概念及研究范围

- CIMS思想应用到土建领域, 就是实现建设规划、设计、施工以及运维管理的全过程---土木与建筑工程CAE)
- 随着CAD技术的发展和工程的实际需求, 物联网技术、BIM技术、建筑生命期管理 (BLM) 概念的提出和兴起, 以及计算机辅助工程所涉及的内容会更加丰富, 无疑将引起土木工程领域的第二次信息化产业革命, 产生巨大的社会、经济效益。

• 解决工程信息的获取、表示、管理和应用的问题



1.4 CAE软件

• 有限元软件

- ANSYS

ANSYS是最大的有限元分析软件公司之一的美国ANSYS开发的,它能与多数CAD软件接口。实现数据的共享和交换,是经典CAE工具,在现代产品设计中广泛使用。唯一具有中文界面的大型通用有限元软件,能实现多场及多场耦合分析,具有多物理场优化功能,良好的用户开发环境。

- MARC

MARC是MSC公司开发的用于高级工程分析的通用有限元程序。MARC提供了多种场问题的求解功能,具有很强的结构分析能力,可以处理各种线性和非线性结构分析。



1.4 CAE软件

- MSC 系列工程分析软件

MSC是全球最大的CAE软件供应商,为满足各种工程应用的需求提供了多种仿真工具。MSC具有超过40%的世界市场份额,2000多家大用户,覆盖了工程仿真的各个方面。在汽车、军事国防、航空航天、机械制造领域占绝对统治地位。

- SAP

- ABAQUS

- ADINA

- ADAMS



1.4 CAE软件

• 建筑设计软件

- Allplan FT

Company: CAD CONSULTING USA

- ArchiTECH.PC

Company: SoftCAD International

- SoftCAD.3D

Company: SoftCAD International

- Project Architect™

Built to work on the MicroStation® CAD engine.

Company: Bentley Systems Inc.

- PowerCAD Pro

Company: GiveMePower Corp



1.4 CAE软件

- ArchiCAD

Company: Graphisoft

- Smart Architect

Company: Drcauto

- MicroStation TriForma

Company: Bentley Systems Inc.

- SoftPlan

Company: SoftPlan Systems, Inc.

- PocketCAD

Company: Arc Second, Inc.



1.4 CAE软件

• 结构设计软件

- Allplot FT (for Civil Engineers)

Company: Nemetschek

- RAM Structural System

- 清华大学建筑设计院的TUS

- 中国建筑科学研究院PKPM系列

• 施工管理软件

• 城市规划及市政工程

• 交通工程

• GIS

• 虚拟现实



CAE集成/系列软件

• CATIA

- CATIA是由法国著名飞机制造公司达索公司设计开发,得到IBM全球支持并由IBM在世界各地销售。CATIA软件具有先进的开放性、集成性、灵活性,其先进的技术特点也十分明显,如:参数化及变量化建模、基于特征的设计、精确实体造型、丰富的曲面功能、透明的有限元分析及自动进行前后处理、高超的机加工能力等等。广泛应用于全球著名的飞机、汽车、航天和机械领域中。

- CATIA V5版本,可为数字化企业建立一个针对产品整个开发过程的工作环境。在这个环境中,可以对产品开发过程的各个方面进行仿真,并能够实现工程人员和非工程人员之间的电子通信。产品整个开发过程包括概念设计、详细设计、工程分析、成品定义和制造乃至成品在整个生命周期中的使用和维护。



CAE集成/系列软件

• MicroStation系列工程软件

- MicroStation系列工程软件是美国Bentley公司用于建筑、土木、交通运输、加工工厂、制造业、政府部门、公共事业和电讯网络等领域的核心产品，旨在设计、建造、运营以及资产管理的集成和“协同工作”。
- **通用CAD软件:** MicroStation V8
- **在线协同管理软件:** ProjectWise 目前工程管理解决方案
- **建筑工程系列**
 - 三维建模: MicroStation TriForma
 - 建筑设计: Bentley Architecture
 - 结构设计: Bentley Structure



CAE集成/系列软件

- 土木工程系列

- 公路设计: GeoPAK Road
- 桥梁设计: GeoPAK Bridge
- 排水系统设计: GeoPAK Drainage
- 场地工程设计: GeoPAK Site
- 钢筋混凝土结构配筋: GeoPAK Rebar

- 地理工程系列

- 地理工程配置: MicroStation GeoGraphics
- 地理坐标转换: GeoCoordinator
- 测绘数据利用: GeoPAK Survey

- 网上发布软件: Bentley Publisher

- 其他软件



CAE集成/系列软件

• Autodesk BLM系列软件

- Autodesk BLM系列软件是美国Autodesk公司推出的土木建筑工程设计与管理的最新产品，旨在推动“建筑生命周期管理”(BLM—Building Lifecycle Management) 数字化技术的应用，实现信息的创建、管理和共享，称为Autodesk BLM解决方案。
- **通用CAD软件: AutoCAD**
- **Autodesk Buzzsaw 基于Internet的在线协同作业和项目管理软件**
主要功能:
 - 工程项目资料信息的存储中心
 - 工程项目协同作业的沟通平台
 - 工程项目进展动态追踪的检查手段



CAE集成/系列软件

• Autodesk Revit 参数化建筑信息模型系统

主要功能:

- 建筑设计: 墙、板、屋顶、楼梯、门窗等
- 生成建筑信息模型: 给构件定义各种属性, 如材料、造价、进度等。
- 输出多种设计结果: 多面视图、剖面图等。

• Autodesk Civil 3D 土木工程3D设计

主要功能:

- 数字地形模型
- 土地规划设计
- 土方工程
- 道路设计
- 管线工程
- 测量



学习重点

• CAE的概念及研究范围

- CAE是面向产品生成或工程建设生命周期 (Life Cycle) 的计算机系统, 提供计算机辅助生成产品或工程建设过程的标准和概念以及相应的技术基础, 提供一个支持设计、生产、管理全过程的集成环境。
- 数据获取; 概念设计; 模型建立; 分析计算; 优化设计; 性能评价; 文档管理; 与生产、生产管理、市场运行等其他过程的集成。
- 工程信息的获取、表示、管理和应用。



作业

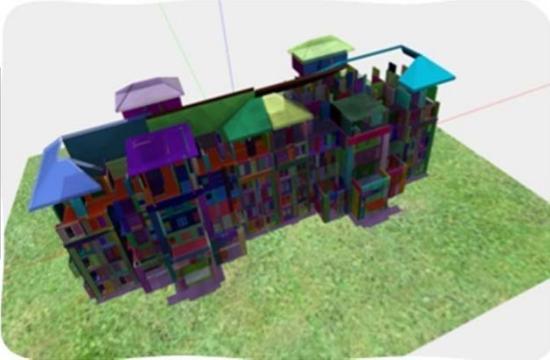
大作业选题报告

- 通过文献检索, 查询当前国内外流行的主要CAE软件的发展现状。在此基础上, 结合本课程相关章节的内容、自己的研究方向或研究兴趣以及大作业选题列表, 选定大作业课题, 并简单归纳其**选题背景、研究内容、研究目标和技术路线**。
- **最晚第三周周一 (3月11日) 提交。**



学生作业选

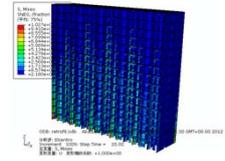
基于WebGL的BIM模型三维网络浏览（林佳瑞）



学生作业选

老旧混凝土住宅加固方案分析（邓开来）

采用三种结构分析软件，对同一个高层在役结构进行建模和分析，他的体会是：信息技术的发展使得结构分析变成了一项很简单的任务，但作为一个工程师，必须采用工程的思维，对计算结果进行分析。



	PKPM	SAP2000	ABAQUS
基剪剪力(KN)	74256	36000	31260
楼层位移(mm)	22	5.6	6.2
计算时间(min)	3	4	420
模态计算时间(s)	-	90	15



学生作业选

安卓平台施工安全报警系统（杨之恬）

系统管理员每日整理安全资讯信息，并有服务器下发到各个移动终端，方便用户查询；施工现场的各类传感器发出的信息通过服务器捕获并传送到各个客户端，进行安全报警。



选题列表

计算机图形学：

- 具备拓扑关系的三维实体模型的数据结构设计，并实现其布尔运算；
- 开发一个基于点插值技术的关键帧动画制作程序，并实现一个约10秒钟长度的小动画（或动漫）；
- 针对基于三角形网格描述的实体模型，提出一个高效的碰撞检测算法；
- 基于OpenGL，通过算法实现多光源下的阴影显示；
- 开发一个贝塞尔曲线和曲面建模的程序；
- 基于OpenGL，开发一个能通过界面拉伸和旋转建立三维模型的程序。



选题列表

建筑信息模型：

- 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



选题列表

科学计算可视化：

- 开发一个程序，实现二维向量、三维向量的可视化；
- 开发一个程序，实现二维标量的可视化，且可以在柱状图、折线图、饼图等方式间快速转换；
- 深入讨论各种图像增强方法的技术、适用范围和应用案例；
- 开发一个程序，实现图像的多种增强效果（如变清晰、变明亮、色彩比较柔、对比度增大等）；
- 开发一个程序，实现地震灾害后建筑物的破坏程度识别；



选题列表

- 有限元计算与分析:

- 编写一个程序, 可以实现用三角形或四边形为单元对任意多边形进行网格划分;
- 设计一个统一数据格式(数据库或文本皆可), 用于保存有限元前处理的模型信息, 并针对Etabs和ANSYS, 开发模型接口;
- 选择同一个超高层建筑模型, 在至少3个不同的结构分析软件中建立模型, 并采用弹性时程分析方法计算地震作用, 同时, 需要分析不同软件间的优缺点;
- 编写一个程序, 实现简支梁的受力分析, 并用应力云图方式表现其内力分布, 用位移图方式表现其挠度。



选题列表

- 虚拟现实:

- 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、植物、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;
- 应用研究所提供的软硬件条件, 做一个虚拟现实的应用, 并撰写应用报告;



选题列表

- CAE系统的智能化:

- 自己开发一个BP神经网络程序, 包括样本训练、误差控制及结果输出;
- 用MATLAB神经网络工具箱中的BP神经网络解决一个土木工程中的实际问题;
- 开发一个知识库, 用于指导建筑物各种机电设备的安装和运营;
- 研究建筑施工中的语义识别技术, 提出有效知识的提取算法。



选题列表

- CAE系统的网络化:

- 用ASP.NET或Java开发一个建筑工程项目管理信息系统;
- 针对建筑施工或运维管理中的一个问题, 开发一个Android应用程序, 用于读取QRCode形式的二维条码, 并将其结构显示出来;
- 基于物联网技术, 实现传感信息的获取、传输、接收和显示的全过程。



选题列表

- CAE系统的集成化:

- 开发一个IFC解析器, 使其能读取IFC中性文件, 并将其内容展现出来, 同时具备IFC实体数量统计的功能。



谢谢!

清华大学土木工程系

胡振中

huzhenzhong@tsinghua.edu.cn

