



土木工程CAE

第三章 建筑信息模型

清华大学土木工程系

胡振中

huzhenzhong@tsinghua.edu.cn

Tsinghua University



第三章 建筑信息模型

3-1 建筑信息模型 (BIM) 概述

3-2 BIM 建模— Autodesk Revit

3-3 数字地形模型— Autodesk Civil 3D



3-1 建筑信息模型 (BIM) 概述

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。



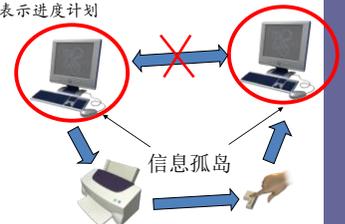
BIM的研究背景

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。



BIM的研究背景

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)**。



BIM的研究背景

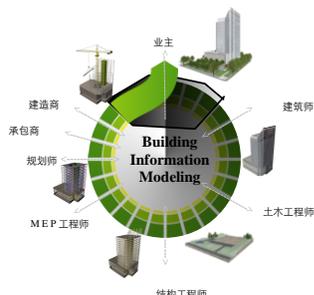
研究如何深层次利用工程信息, 进行工程项目的信息化管理。

- 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)**。



何谓BIM

- BIM是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)



何谓BIM

• 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



何谓BIM

• BIM的特征(完备性、关联性、一致性)

- 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。



何谓BIM

- 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。



何谓BIM

- 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。



BIM的价值

• 解决当前建筑领域信息化的瓶颈问题

- **建立单一工程数据源:** 工程项目各参与方使用的是单一信息源，确保信息的准确性和一致性;
- **实现项目各参与方之间的信息交流和共享:** 从根本上解决项目各参与方基于纸介质方式进行信息交流形成的“信息断层”、应用系统之间“信息孤岛”问题。
- **推动现代CAD技术的应用**
 - **集成化:** 使设计、施工、管理一体化
 - **网络化:** 异地设计、协同工作
 - **智能化:** 自动设计、决策支持、方案评估
- **促进建筑生命期管理**
 - 对建筑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。

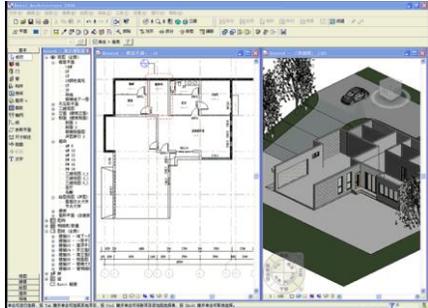
BIM的价值

- **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

BIM的价值

- **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周期，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。

BIM的价值

- 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。

BIM的价值

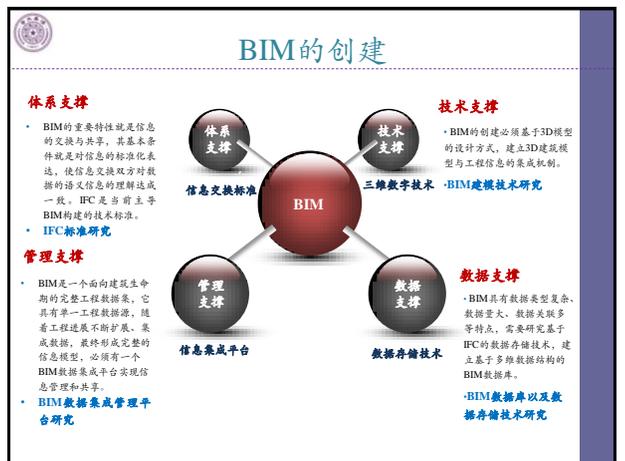
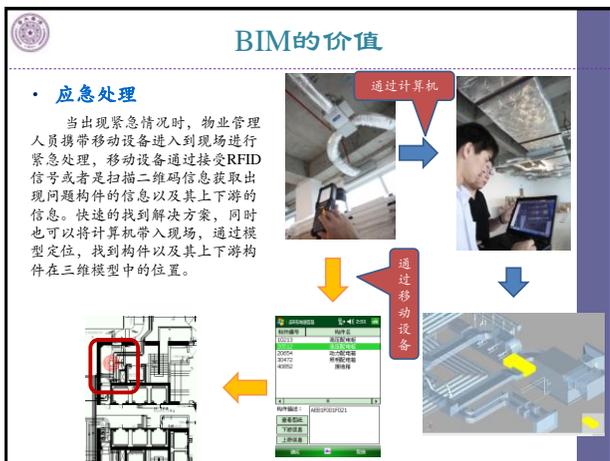
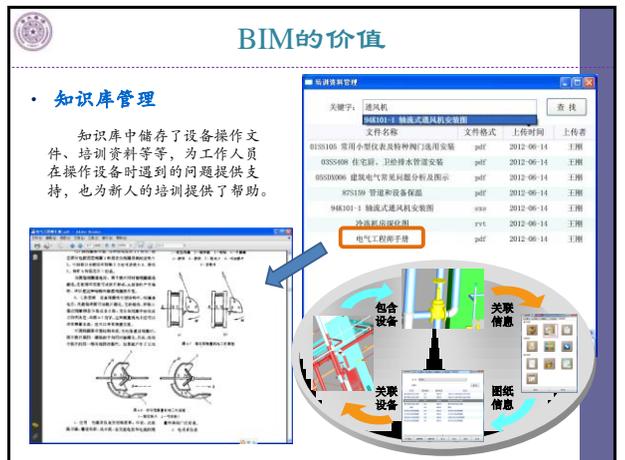
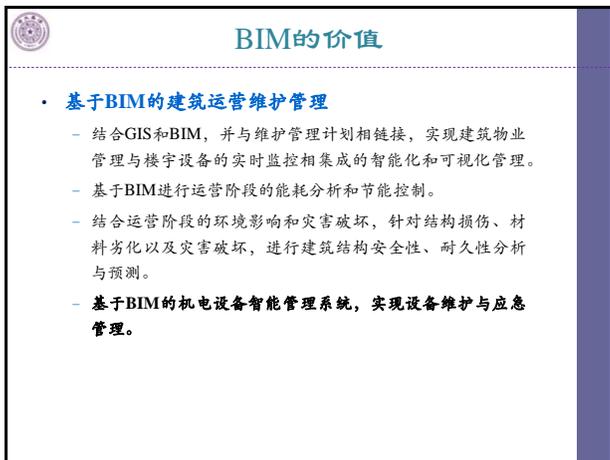
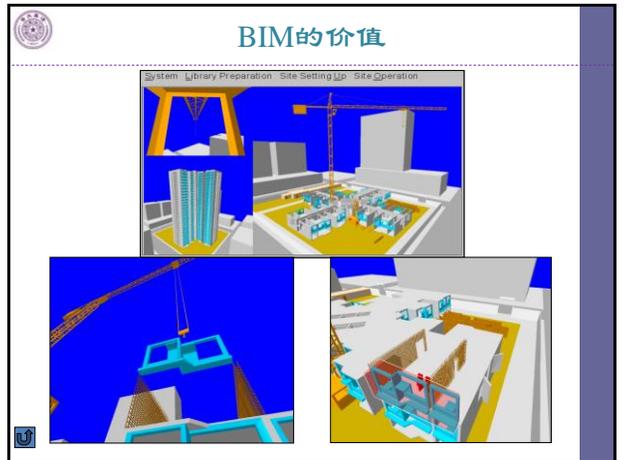
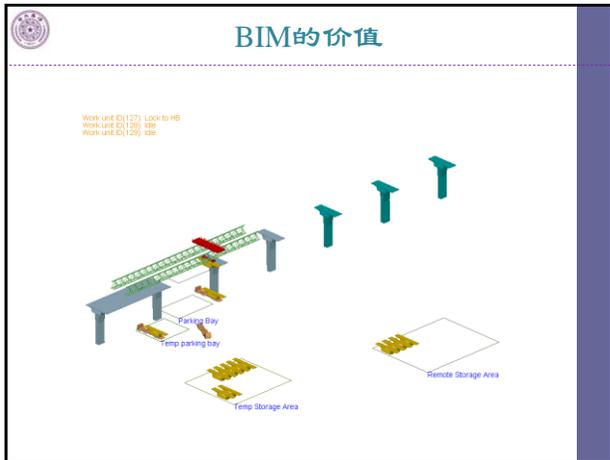
- **成功案例**

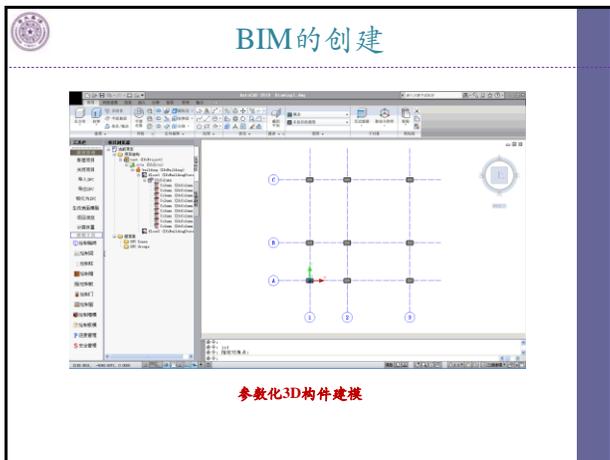
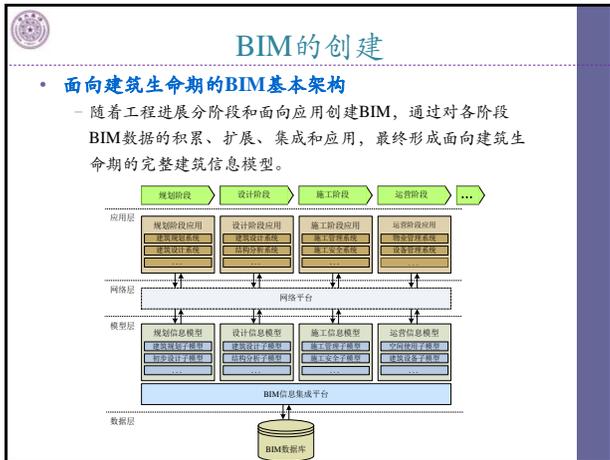
美国Tocci施工公司承包Autodesk公司AEC总部办公楼改建工程，应用BIM和集成项目交付IPD管理

 - 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。



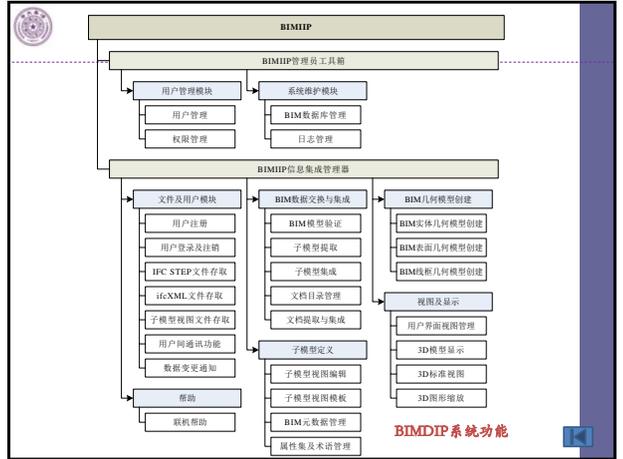
设计与施工一体化





BIM 的创建

- **基于IFC的BIM数据库**
 - 通过研究IFC对象数据模型与关系数据库的映射关系，研发BIM数据库，实现BIM数据的存储和管理。
- **基于IFC的BIM数据集成与交换引擎**
 - IFC大纲读取、IFC文件解析；
 - IFC文件导入导出、非IFC格式几何模型转化；
 - BIM数据库的数据存储及访问、BIM数据访问权限控制、多用户并发访问管理；
 - BIM数据提取与集成以及BIM模型一致性验证等。
- **基于IFC的BIM数据集成与管理平台**
 - 实现IFC模型数据的读取、保存、提取、集成和验证、子模型定义、子模型数据的提取与访问等功能。可解决分布式、异构工程数据之间的一致性和全局共享问题，支持基于BIM技术的各种设计和施工软件的开发和应用。



3-2 BIM建模-- Revit Building

- **概述**
 - Revit Building（以后简称Revit）是美国Autodesk公司推出的一个基于BIM的建筑设计软件。
 - Revit的主要特点：
 - 标准友好的人机交互界面。
 - 参数化建模方式，能够有效地提高工作效率。
 - 基于BIM，能够根据三维模型自动生成各种图形和文档，而且图形和文档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立即自动更新，从而有利于保证方案的准确性和一致性。

3-2 BIM建模-- Revit Building

- 提供了一个网络协作的环境，方便各位设计成员进行分工和协作。
- 完全可配置的样式管理，使得图形的样式能够满足不同用户和标准的要求。
- 能够根据需要对建筑方案进行渲染，并将渲染效果输出为AVI视频文件。
- 能够以IFC、DXF和DGN等格式输出文件，并能将数据导出到数据库，方便进行数据共享。
- 具有丰富的建筑构件图元库，图元库中定义了上千个通用建筑构件图元族，能够满足各种类型的建筑物的使用需求。
- 图形参数化的族编辑器，使用户只需通过作图即可创建自己的构件图元。

Revit Building工作界面

该图展示了Revit Building的工作界面。图中包含以下标注：工具栏（位于顶部）、菜单栏（位于顶部）、工具栏选项栏（位于顶部）、类型选择器（位于左侧）、项目浏览器（位于左侧）、设计栏（位于左侧）、状态栏（位于底部）、视图控制栏（位于底部）、图形窗口（位于右侧）。

Revit Building基本概念

- **项目**
 - 在Revit中，项目是建筑信息的完整描述，包括用二维、三维视图以及明细表等形式表示该建筑所需的全部信息。所有信息通过项目进行有效地组织和保存。
 - 可以往项目中添加不同的参数化建筑构件和建筑视图。
 - 在任一视图中修改设计，会在整个项目中传播这些修改，使得建筑物的三维模型、模型的任何视图、图纸和明细表全都会自动更新。
 - 可以定义项目的环境，包括材质设置、建筑构件的显示形式。这些设置与项目一起保存在项目文件中，并允许在设计过程的任一阶段对其进行修改。

Revit Building基本概念

- **图元**
 - 图元是Revit信息建模的基础，每一种图元代表信息模型中的某些基本内容。

```

graph TD
    A[Revit 图元] --> B[模型图元]
    A --> C[注释型图元]
    B --> D[主体图元]
    B --> E[构件图元]
    C --> F[视图图元]
    C --> G[基准图元]
    C --> H[注释图元]
  
```

Revit Building基本概念

- **主体图元**: 建筑物的内建构造，如墙、楼板、屋顶、天花板、楼梯和坡道等。
- **构件图元**: 主体图元之外的其他模型图元，如门、窗、家具等。
- **视图图元**: 查看操作图形的的方式，如楼层平面图、天花板平面图、三维视图、立面图、剖面图以及明细表等。
- **基准图元**: 用于建立项目环境的非实际构件，如标高、轴网、参照平面等。
- **注释图元**: 在图纸上保持比例不变，且仅在一个视图中可见的二维注释部件，如尺寸标注、文字注释、载入的标记以及符号等。

Revit Building基本概念

- **族、类型和实例**
 - **族 (Family)**: 族指的是图元的编组。Revit将具有共同参数 (属性) 设置、相同用法和类似图形表示的图元组成一组，并形成一个族。
 - 一个族中不同图元的某些或全部属性可能有不同的值，但是属性的名称和意义是相同的。
 - **系统族**: 在Revit中预定义的族，包含基本建筑构件，如墙、天花板、地板、坡道、屋顶、楼梯等。
 - **标准构件族**: 标准构件族以构件族文件 (*.rfa) 的形式存在，这意味着可以把它们载入到不同的项目中，并在项目中或在族样板中予以创建。
 - **内建族**: 在当前关联环境内创建的族，仅存在于此项目中，无法将其载入其他项目，多用于创建项目唯一的构件。

Revit Building基本概念

- **类型**: 类型也称为族类型，它指的是族中某个具有特定属性值的图元类。
 - 例如，如果将田字分隔窗户定义为一个族，则尺寸大小为900×1800的田字分隔窗户为该族中的一个类型，而尺寸大小为900×4500的田字分隔窗户为该族中的另一个类型。
- **实例**: 实例是族类型在项目中的副本，实例是族类型的具体化，一个实例只能对应于一个族类型，但一个族类型却可以拥有多个实例。
 - 例如，如果在项目中创建了一个900×1800大小的田字分隔窗户，则该窗户即为相应族类型的一个实例。

Revit Building基本概念

- **单元属性**
 - 构成Revit建筑信息模型的每个单元 (或对象) 都由一系列属性进行描述。这些属性定义了对对象的详细特征。可通过“单元属性”对话框修改属性值和改变对象的特征。
 - Revit中单元属性分为类型属性和实例属性。
 - 类型属性: 单元所属的族类型的属性;
 - 实例属性: 随着单元在建筑或项目中的位置变化而改变的属性。
 - 在一个项目中，同一类型的不同实例具有相同的类型属性，但具有不同的实例属性。类型属性影响项目中该类型的全部实例，如果修改了类型属性，则该类型的实例将同时发生变化。

Revit Building基本概念



Revit Building基本功能

• 创建BIM

– 参数化建模

- Revit提供了丰富的参数化建模工具，能够表达各种复杂的建筑构件，包括墙、门、窗、柱、屋顶、地板、天花板、楼梯、栏杆以及坡道等。
- 通过从设计栏选择所需的构件类型，并从类型选择栏中选择合适的族类型，即可快捷地创建构件模型。
- Revit为构件的参数化建模提供了草图功能。创建草图的过程，实际上就是一个放样的过程。Revit能够通过选定的族类型将草图转化为实体模型，



Revit Building基本功能

– 模型编辑

- Revit提供了多种模型编辑，包括通用编辑工具、属性编辑器以及草图编辑工具等。
 - **通用编辑工具：**包括移动、拷贝、旋转、阵列、镜像、删除以及分组等。可以通过Edit菜单或编辑工具栏执行相应的功能。
 - **属性编辑器：**列出了图形实体的详细特性。可以直接修改相应的属性值，以改变图形实体的特征。
 - **草图编辑工具：**用于修改建筑构件的草图，如屋顶轮廓、楼梯边界等。



Revit Building基本功能

• 创建图纸

- 在Revit中，图纸是项目中的一种视图类型。
- 图纸通过边界进行定义，通常包含一个标题栏，并且可以通过项目浏览器进行访问。
- 根据图纸类型的不同，可以直接向图纸中添加所需的视图，包括平面图、立面图、剖面图、三维视图以及明细表等。
- **创建图形：**Revit可以将已有的视图作为一个图形直接添加到图纸中。
 - 在添加之前，须先设定图形的缩放比例。Revit能够根据模型的尺寸以及缩放比例自动计算图形在图纸上的大小。
 - 能够将多个图形添加在同一副图纸中，并动态调整图形在图纸上的位置。
 - 能直接在图形中对模型进行编辑。



Revit Building基本功能

– 创建明细表：明细表是Revit中的一种视图。它用于从项目中提取相关信息，并以表格的形式进行显示。

- 关键字明细表列出了可在明细表中使用的预定义的样式，从而可方便地自动填写明细表中的字段，而不是每次手动输入这些值。
- 当模型发生变化时，明细表能自动更新数据以反映这些变化。

– 修订跟踪：Revit提供了一系列工具，用于对项目的修订进行跟踪。

- 可以创建一系列修订，还可以围绕项目中已修改的图元绘制修订云线。
- 可以使用修订标记来表示修订云线，然后在每个项目图纸的标题栏的明细表中显示这些修订。



Revit Building基本功能

• 渲染

- Revit使用内置的渲染引擎生成渲染图。主要提供光能传递和光线追踪两种渲染方法，能够产生高质量的建筑内部和外部渲染视图。

– 创建灯光

- 在Revit中，用户可以使用系统提供的灯光类型：聚光灯和线性灯光；
- 可以使用族编辑器创建自定义光源。
- 提供了创建“灯光组”的功能，允许用户在场景中创建成组的灯光。

– 添加植物

- 在Revit项目中，植物以族的形式载入。
- 在线框和着色视图中，使用简单的几何图形来描绘场景中的植物。
- 在光线追踪图像中，使用碎片式算法将植物渲染成各自唯一的具有逼真效果的植物，其渲染时不需要任何三维几何图形。
- 植物的尺寸和种类可以通过修改相关的类型属性进行控制。
- 可以使用tree.rft族样板创建新的植物族。



Revit Building基本功能

– 设置材质

- 在Revit中，材质是族类型的特性之一。在“单元属性”改变族类型的材质属性，可修改项目中该类型的所有实例的材质。
- Revit提供了材质管理器能创建和修改项目中的材质定义。

– 设置场景

- 场景设置用于定义模型周围环境的视觉效果，从而增强渲染效果的真实性。
- 场景设置的内容包括场景类别、灯光、背景、日光、阴影、剖面框、背面剔除以及视图剔除等。



Revit Building基本功能

• 项目共享

- 在进行大型建筑项目时，建筑师通常以团队形式协同工作，会出现同一时间处理和保存项目不同部分的情况。Revit引入了工作集 (Workset) 的概念，以满足团队内部协作的需求。
- 工作集是建筑图元 (如墙、门、楼板、楼梯等) 的集合。在给定时间内，只有一个用户可以编辑每个工作集。所有其他工作组成员只可查看此工作集，但不能修改，从而避免了项目中可能产生的冲突。
- 如果需要修改某一图元，而此图元属于其他人正在工作的工作集，则可以借用该图元，不需要工作集的所有者放弃对整个工作集的控制。
- 在工作集中添加和修改图元的工作组成员，可以将其工作保存在网络上的本地文件中，或保存在自己的硬盘驱动器中，并将工作发布到所选的中心文件中。
- 可随时更新本地文件，以便查看其他工作组成员已发布的修改。



3-3 数字地形模型-- Autodesk Civil 3D

数字地形模型概念

• 数字地形模型 (Digital Terrain Model-DTM) 定义

- 地面起伏状况在计算机中的准确描述，是以数字的形式按一定的结构组织在一起，表示实际地形特征的空间分布模型。**地形形状大小和起伏特征的数字描述。**
- DTM是代表地形特征空间分布的一个数组，它可以用 (XYZ) 坐标值的阵列来表示，或者用多项式和富氏级数定义的地形表面的方程组来表示。
- 把DTM概念定义为二维区域上的一个有限项的向量序列，它**以离散分布的平面点来模拟连续分布的地形。**



数字地形模型概念

• 数字地形模型的用途

- 公路、铁路、隧道、桥梁设计，基础工程，场地规划，地下工程，地形地貌分析和研究等。
- 土方开挖、填充，场地平整、放坡等土方工程，需要计算土方的挖、填土方量；或是对场地进行放坡设计。
 - ▶ 必须已知场地开挖 (或填充) 前地面的起伏状况和开挖 (或填充) 后地面的起伏状况。
 - ▶ 建立填挖前后的两个空间曲面，计算机便可以自动计算两个曲面的交线，也可以用一条铅垂线同时对两个曲面进行任意切割，并计算夹在被切割的两个曲面间的空间的体积，这就是土方计算中的填挖交界线、填方量和挖方量。
 - ▶ 利用DTM可以自动绘制等高线、剖面图、地貌晕渲图、三维透视立体图，还可制作各种数字专题地图以建立数字制图数据库。



数字地形模型概念

• 数字地面模型的描述方法

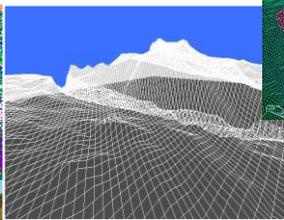
- 曲面方程、三角网或方格网、横 (纵、水平) 断面。用曲面方程准确描述地面的起伏状况十分困难，通常采用后两种方法。
 - 三角网或方格网法是用大量相互连接的三角形面或矩形面拟合地面的起伏状况。
 - 横 (纵、水平) 断面法是用平行截取的横 (纵、水平) 断面拟合地面的起伏状况。
- 三角形面、矩形面或横 (纵、水平) 断面数量越多，对实际地面起伏的描述越准确。
- 通常的DTM是指三角网或方格网，就是将场地表面划分成若干个三角形或矩形，再将三角形或矩形的三维顶点坐标以及它们之间的邻接关系输入计算机，从而用这些数据来描述地面的起伏。



数字地形模型概念

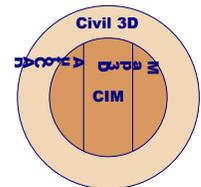
• 数字地面模型的生成

- 来自于普通地形图；
- 由各种遥感影像提取。



Autodesk Civil 3D

- Autodesk公司为信息化土木工程设计而研发软件产品，用于完成勘察测绘、土方工程、土地规划、道路工程、管线工程及测量等设计任务。
- 以AutoCAD为基础开发。





Autodesk Civil 3D

• Civil 3D的核心特性

- **样式:** 样式控制对象的显示方式、标签以及行为。通过使用样式，可以维持图档与制图标准的一致性。
- **动态关联:** 设计过程中所创建的智能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。因此，用户能够把精力放在设计过程而不是几何制图。
- **数据交换和共享:** Civil 3D支持项目管理、LandXML导入导出以及数据快捷方式等数据交换和共享方式，能够其他应用程序间共享数据。
- **GIS数据集成:** Civil 3D能够导入/导出多种常用的GIS数据格式，包括Arc/Info, MapInfo, Microstation等软件的数据格式，并提供了强大的GIS分析工具。



Autodesk Civil 3D

• Civil 3D中的智能对象

- 智能对象之间存在着动态关系，如果修改了一个对象，与之关联的对象会自动更新。

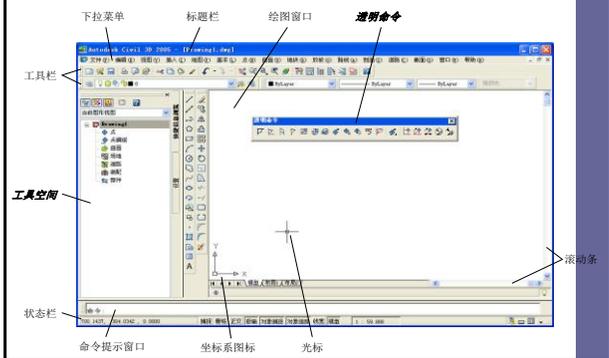


Autodesk Civil 3D 对象及其图标



Autodesk Civil 3D

• Civil 3D 用户界面



Autodesk Civil 3D

• Civil 3D 设计环境

- **交互式设计**
 - 能够通过人和计算机的对话来进行设计的方式。
- **基于信息模型的设计**
 - 创建完整的设计模型：包括重要的非图形数据、二维和三维几何数据以及有关功能联系的信息；
 - 从该数据模型生成相关成果：场地土方计算、动态关联的道路横断面和纵断面、以及由平面图、剖面图、详图、报表和效果图等组成的施工图档；
 - 设计信息在设计流程不同阶段是一致的。
- **动态设计环境**
 - 设计对象能够智能地判别它们与其它设计对象之间的关系。
 - 由于对象之间是相互关联的，因此设计中的修改会实时更新。



Autodesk Civil 3D

• 信息交换与管理

- **支持LandXML**
 - LandXML是由Autodesk公司发起、全球各大公司参与制定的，用于土地开发和土木工程设计领域的标准数据格式，可以用于描述、存储、交换设计信息。
- **项目管理**
 - 提供了完整的项目管理功能，用于管理、组织和控制对项目对象的访问。
- **数据快捷方式**
 - 为使用数据快捷方式提供了灵活的对象级数据协作环境。
- **图形共享**
 - 提供了3种与非Civil 3D用户共享图形的办法，即使用代理图形、使用对象激活器以及将图形导出到AutoCAD。



用 Civil 3D建立数字地形模型

• 数字地形模型的创建过程

- 第一步：创建地形特征点

- **地形特征点:** Civil 3D中的点对象，包括坐标数据、点编号、点名称、原始描述、完整描述、点样式、点标签样式等特性；
- **创建方式:**
 - **手工创建:** 使用Civil 3D提供的命令手工创建地形特征点；
 - **导入数据文件:** 直接导入包含地形特征点数据的数据文件，如文本文件或数据库等；

用 Civil 3D 建立数字地形模型

第二步：创建点编组

- 点编组：一定数量点的集合，用于描述具有共同特性或具有关联性的点。
- 用途：可通过控制点编组的特性，一次性修改其中点的特性。



用 Civil 3D 建立数字地形模型

第三步：创建地形曲面

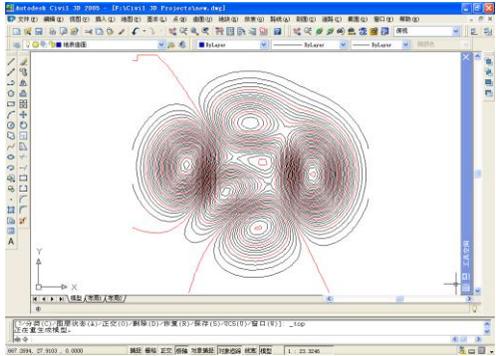
- 曲面类型：
 - 三角网曲面：通过对一组点进行三角剖分而形成；
 - 栅格曲面：由位于规则栅格上的点形成；
 - 三角网体积曲面(差异曲面)：通过将顶面(对照曲面)和底面(基面)中的点进行组合，创建而成的组合曲面；
 - 栅格体积曲面：基于用户指定的顶面和底面(包含用户指定的栅格上的点)的差异曲面；
- 创建方式：根据已有生成新曲面，或导入已有曲面。

用 Civil 3D 建立数字地形模型

绘制等高线

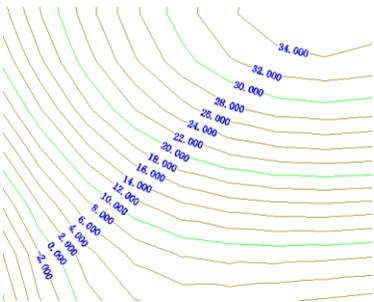
- 等高线创建：通过修改曲面样式的显示方式创建；
- 等高线标注：按照指定的样式生成等高线标注；
- 等高线编辑：对等高线的特性(如显示模式、图例、间隔、范围等)进行修改和控制；
- 等高线分析：对选定范围内的等高线信息(如最小、最大高程等)进行分析。

用 Civil 3D 建立数字地形模型



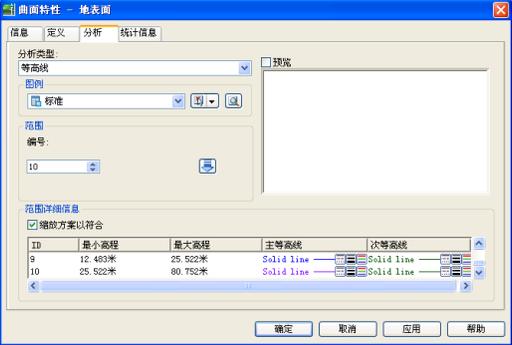
等高线显示结果

用 Civil 3D 建立数字地形模型



在图形中绘制线段添加等高线标注

用 Civil 3D 建立数字地形模型



ID	最小高程	最大高程	主等高线	次等高线
9	12,483米	25,522米	Solid line	Solid line
10	25,522米	80,752米	Solid line	Solid line

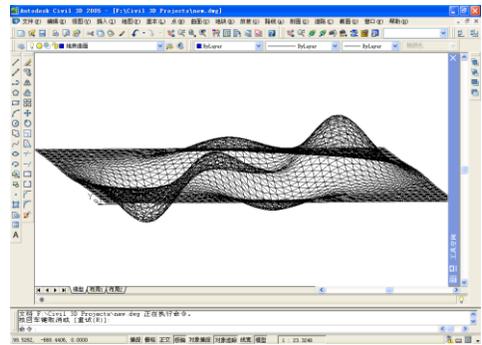
在“曲面特性”对话框中获取等高线分析结果

用 Civil 3D 建立数字地形模型

• 三维地形

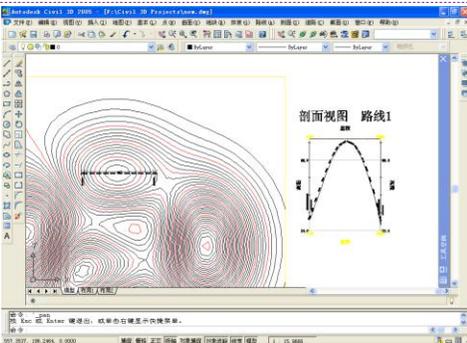
- **三维地形的显示**: 可通过编辑地形曲面样式的显示选项, 设置曲面的三维显示方式, 并使用“三维动态观察器”动态观察地形;
- **创建地形剖面图**: 根据地形曲面和定义的剖面线自动生成地形剖面图;
- **地形图分析**: 提供了等高线、方向、高程、坡度、坡面箭头和流域等多项内容的分析功能。

用 Civil 3D 建立数字地形模型



地形曲面的三维显示

用 Civil 3D 建立数字地形模型

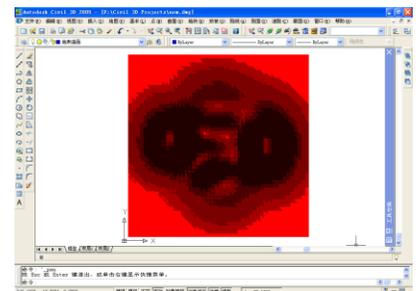


生成地形剖面

用 Civil 3D 建立数字地形模型

• 地形分析

- 坡度分析



地形曲面的坡度分析显示

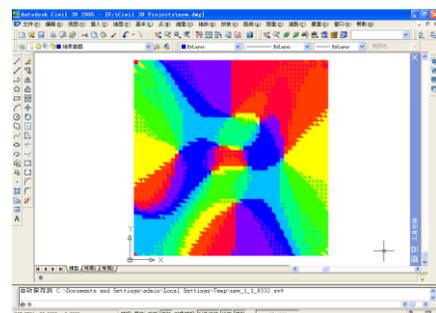
用 Civil 3D 建立数字地形模型



查看坡度分析数据

用 Civil 3D 建立数字地形模型

• 朝向分析



地形曲面的方向分析显示

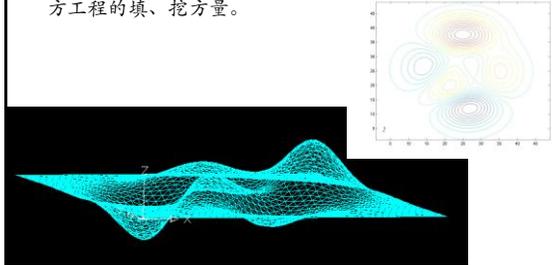
用 Civil 3D 建立数字地形模型



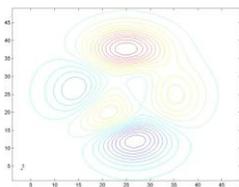
详细的方向分析数据

用 Civil 3D 计算土方量

一块480mX480m场地，已知场地内地形高程，欲将其平整为标高±0.000的场地（即Z=0），试用Civil 3D 计算土方工程的填、挖方量。



用 Civil 3D 计算土方量



z1	0.0001	0.0001	0.0002	0.0004	0.0007	0.0011
0.0001	0.0002	0.0004	0.0006	0.0010	0.0017	0.0025
0.0002	0.0003	0.0005	0.0009	0.0016	0.0025	0.0036
0.0003	0.0004	0.0008	0.0014	0.0023	0.0036	0.0051
0.0004	0.0006	0.0011	0.0019	0.0032	0.0051	0.0070
0.0004	0.0008	0.0015	0.0026	0.0044	0.0070	0.0093
0.0005	0.0010	0.0019	0.0034	0.0058	0.0093	0.1118
0.0007	0.0013	0.0024	0.0043	0.0073	0.1118	0.1468
0.0007	0.0015	0.0028	0.0051	0.0088	0.1468	0.1918
0.0008	0.0015	0.0030	0.0056	0.0100	0.1618	0.2118
0.0006	0.0014	0.0029	0.0056	0.0103	0.1818	0.2418
0.0003	0.0008	0.0020	0.0045	0.0091	0.1717	0.2218
-0.0005	-0.0004	0.0002	0.0018	0.0053	0.0124	0.0222
-0.0016	-0.0023	-0.0030	-0.0033	-0.0021	0.0022	-0.0154
-0.0033	-0.0053	-0.0081	-0.1113	-0.0143	-0.0154	-0.0422
-0.0057	-0.0095	-0.1511	-0.0228	-0.0322	-0.0422	-0.0790
-0.0088	-0.0149	-0.0244	-0.0381	-0.0565	-0.0790	-0.1258
-0.0125	-0.0216	-0.0358	-0.0571	-0.0869	-0.1258	-0.1809
-0.0166	-0.0291	-0.0489	-0.0790	-0.1223	-0.1809	-0.2414
-0.0211	-0.0372	-0.0630	-0.1028	-0.1609	-0.2414	-0.3029
-0.0255	-0.0452	-0.0771	-0.1267	-0.2000	-0.3029	-0.3605
-0.0296	-0.0526	-0.0901	-0.1488	-0.2363	-0.3605	-0.4092
-0.0330	-0.0587	-0.1010	-0.1673	-0.2669	-0.4092	-0.4448
-0.0353	-0.0631	-0.1087	-0.1806	-0.2891	-0.4448	-0.4848

用 Civil 3D 计算土方量

基本步骤

- 编辑点数据文件“地表点.txt”;
- 创建“地表点”图层和“地表点”点编组（点编组用于对点进行分类和控制）;
- 导入点，并置于“地表点”点编组中;
- 创建“地表面”三角网曲面，作为土方量计算的基面;
- 将“地表点”点编组添加到“地表面”三角网曲面;
- 创建“平整面”三角网曲面，作为土方量计算的对照曲面;
- 基于“地表面”和“平整面”创建“土方量”三角网体积曲面，填方量和挖方量可从“土方量”三角网体积曲面的属性中获得。

用 Civil 3D 计算土方量

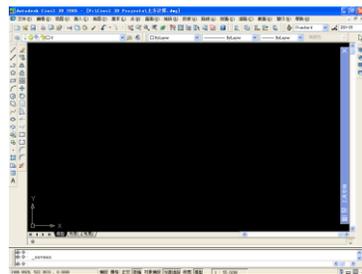
编辑点数据文件“地表点.txt”

点编号	X 坐标(m)	Y 坐标(m)	标高(m)
1	10	10	0.000
2	20	10	0.001
3	30	10	0.002
4	40	10	0.002
5	50	10	0.003
6	60	10	0.004
7	70	10	0.005
8	80	10	0.007
9	90	10	0.007
10	100	10	0.008
11	110	10	0.006
12	120	10	0.003
13	130	10	-0.005
14	140	10	-0.016
15	150	10	-0.033
16	160	10	-0.057
17	170	10	-0.088
18	180	10	-0.125
19	190	10	-0.166
20	200	10	-0.211
21	210	10	-0.255
22	220	10	-0.296

用 Civil 3D 计算土方量

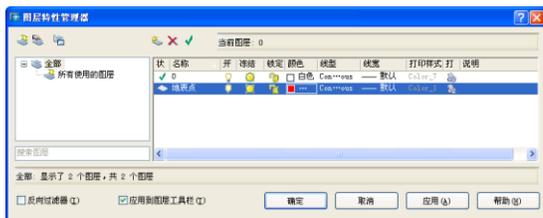
创建“地表点”图层和“地表点”点编组

- 打开Civil 3D，将自动新建的“Drawing1.dwg”保存为“土方计算.dwg”。



用 Civil 3D 计算土方量

- 点击图层工具栏 弹出“图层特性管理器”对话框，点击新建“地表点”图层，**图层颜色**设为红色。



用 Civil 3D 计算土方量

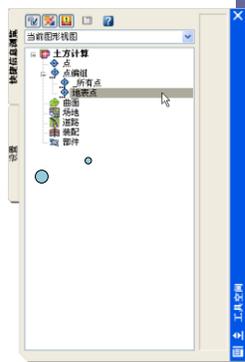
- 单击“点”菜单->“创建点编组”，在“**点编组特性**”对话框的“信息”选项卡中设置点编组的名称、描述、默认点样式、默认点标签样式分别为“地表点”、“这是地表点点编组”、“标准”、“标准”，选择点编组图层为“地表点”图层（从而将该点编组置于“地表点”图层中），点击“确定”**创建点编组**。



用 Civil 3D 计算土方量

- 在“工具空间”窗口（将鼠标置于其标题栏上可将其展开）的“快捷信息浏览”选项卡中的“点编组”项下可看到已添加了“地表点”点编组。

在“地表点”点编组上点击鼠标右键->“特性”可以编辑该点编组的各种特性



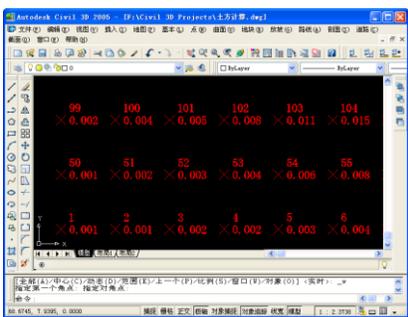
用 Civil 3D 计算土方量

- 导入点，并置于“地表点”点编组中
 - 单击“点”菜单->“创建点”，弹出“创建点”工具栏：
 - 单击工具栏上的“导入点”按钮 在对话框中如图设置点文件格式、点所属的点编组等，点击“确定”导入点数据。



用 Civil 3D 计算土方量

- 点数据导入完成后关闭“创建点”工具栏
- 利用缩放工具调整视图，可以看到点已导入到文件中。



用 Civil 3D 计算土方量

- 在“工具空间”窗口的“设置”选项卡中的“点”->“点文件格式”中查看各种可用的点数据文件格式。（点文件格式用于说明点数据在点数据文件中的布局）

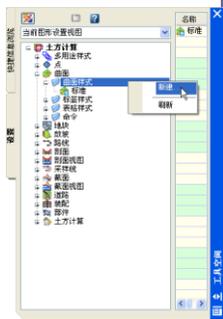
点击鼠标右键->“特性”可以查看详细信息



用 Civil 3D 计算土方量

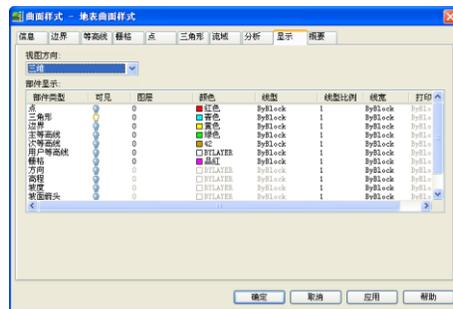
创建“地表面”三角网曲面，作为土方计算的基面

- 添加一个“地表面”图层，颜色设置为绿色。
- 选择“工具空间”中“设置”选项卡->“曲面”->“曲面样式”，
- 点击鼠标右键，选择“新建”。
- 将弹出的对话框中的“信息”选项卡内的曲面样式名称改为“地表面样式”。



用 Civil 3D 计算土方量

- 在曲面样式对话框中的“显示”选项卡中，将“视图方向”改为“三维”，点击“确定”创建曲面样式。



用 Civil 3D 计算土方量

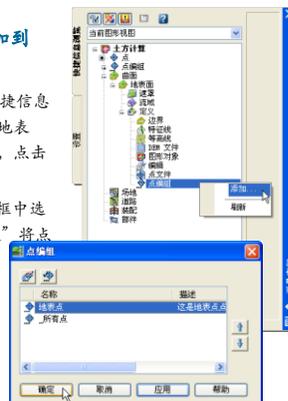
- 单击“曲面”菜单->“创建曲面”，在“创建曲面”对话框按下图设置该曲面的类型、图层、名称、描述、样式等属性，点击“确定”创建“地表面”三角网曲面。



用 Civil 3D 计算土方量

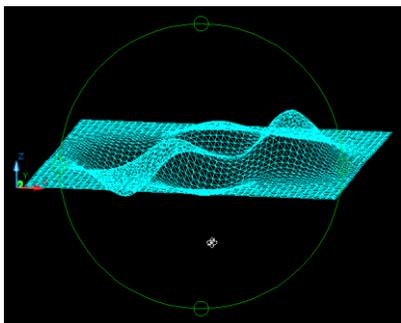
将“地表面”点编组添加到“地表面”三角网曲面

- 选择“工具空间”中“快捷信息浏览”选择卡->“曲面”->“地表面”->“定义”->“点编组”，点击鼠标右键，选择“添加”。
- 在弹出的“点编组”对话框中选中“地表面”，单击“确定”将点数据加入到“地表面”中。



用 Civil 3D 计算土方量

- 点击工具栏上的“三维动态浏览器”按钮 调整视图，可看到“地表面”三角网曲面已经建立。



用 Civil 3D 计算土方量

创建“平整面”三角网曲面，作为土方量计算的对照曲面

- 单击“曲面”菜单->“创建曲面”，在“创建曲面”对话框按下图设置该曲面的类型、图层、名称、描述、样式等属性，点击“确定”创建“平整面”三角网曲面。



用 Civil 3D 计算土方量

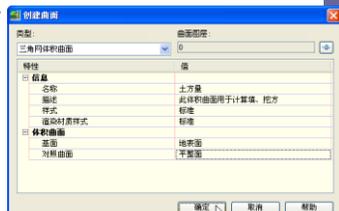
- 在命令中输入“pline”命令绘制一个闭合矩形，四个点座标分别是(10,10)、(490,10)、(490,490)和(10,490)。
- 选中该矩形，保持其处于选中状态。选择“工具空间”中“快捷信息浏览”选项卡->“曲”->“平整面”->“定义”->“特征线”，点击鼠标右键，选择“添加”。在弹出的“添加特征线”对话框中单击“确定”。



用 Civil 3D 计算土方量

基于“地表面”和“平整面”创建“土方量”三角网体积曲面

- 单击“曲面”菜单->“创建曲面”，在“创建曲面”对话框中设置该曲面类型为“三角网体积曲面”，命名为“土方量”，并将基面设置为“地表面”，对照曲面设置为“平整面”。
- 单击“确定”生成“土方量”三角网体积曲面，土方工程的填、挖方可从其属性中获得。

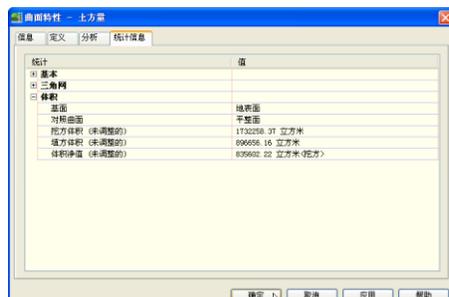


- 选择“工具空间”中“快捷信息浏览”选择卡->“曲面”->“土方量”，点击鼠标右键，选择“特性”。



用 Civil 3D 计算土方量

- 在弹出的“曲面特性”对话框的“统计信息”选项卡下，展开“体积”栏，可得到填方体积和挖方体积，如图所示。本例子的挖方体积是1732258.37立方米，填方体积是896656.16立方米。



本章学习重点

- BIM的概念
- BIM的特征
- BIM应用的四大支撑
- BIM在设计、施工和运维阶段的应用
- Revit的基本概念和操作
- Civil 3D的基本概念和操作

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

huzhenzhong@tsinghua.edu.cn