BIM引领着建设领域的第二次革命

BIM系统二次开发技术

清华大学土木工程系 胡振中 副教授

huzhenzhong@tsinghua.edu.cn

http://www.huzhenzhong.net

提纲

- 概述
- 面向对象编程
- BIM-Star二次开发及实例
- 结语

提纲

- 概述
- 面向对象编程
- BIM-Star二次开发及实例
- 结语

概述

- 越来越多的BIM软件提供二次开发的SDK (Software Develop Kit) 和 API (Application Programming Interface)
  - ✓ Revit/Navisworks/Civil 3D (Autodesk) — C#
  - ✓ MicroStation (Bentley), Catia (Dassault) — C++
  - ✓ BIM-Star (筑星) — C#
- 二次开发：在现有的软件上进行功能的定制修改和扩展，是软件系统开放性的体现，可实现用户个性化的功能需求，而不改变原有系统的内核
  - ✓ 软件的开放性是软件性能的重要指标
  - ✓ 专业知识是二次开发的原动力和支撑力

概述

- 例如，Revit二次开发可以实现的操作

访问Revit数据

- 访问BIM的几何数据和属性数据
- 创建、编辑和删除建筑模型构件，如楼板，墙等
- 导入外部数据，生成新构件和模型

创建Revit应用

- 集成其他应用程序到BIM平台
- 创建用户交互界面，创建自定义命令按钮
- 实现基于BIM的计算分析程序
- 各参与方的各种定制需求，等等

毛石装饰墙虚拟砌筑系统（Revit二次开发实例）

概述

- 二次开发所需的知识

了解BIM软件二次开发的环境

- 大多数在Windows或ios平台
- 特定编程语言，如 C++、C#、Python等
- Windows平台下，一般是基于Microsoft .NET编程框架

需要掌握

- 面向对象程序设计的概念
- 特定编程语言的用法
- 集成开发环境（如Microsoft Visual Studio）的用法
- BIM软件发布的API提供的系统框架功能

提纲

- 概述
- 面向对象编程
- BIM-Star二次开发及实例
- 结语

面向对象编程

程序设计方法

程序和程序设计方法的本质

- 程序 = 数据结构 + 算法
- 程序设计 = 数据结构 + 算法 + 方法 + 工具

程序设计方法反映对数据结构和算法进行组织的特征

- 面向数据：数据结构
- 面向功能：算法
- 面向对象：数据结构 + 算法
  - ✓ 是80年代兴起的先进的程序设计方法
  - ✓ 基本概念由日常生活导入

依据程序组织的侧重点进行分类

日常生活	程序设计
人们周围有很多对象 人/张三、小汽车、建筑物、对话等	对象
人们根据对象来思考 映入眼帘看作对象，不看作颜色点阵	类
对象有一定的属性和行为 小汽车：大小、形状；会加速	
对象有一定的类属 人/张三，李四	继承
对象类属之间有一定继承性 小汽车:汽车 加速	
对象相互作用实现功能 张三让李四立正，张三可将小汽车开走	消息
对象相互作用不必涉及内部细节 人让小汽车加速	封装

面向对象编程

面向对象程序设计的特征

- 面向对象程序设计的特征是使用对象、类、继承、消息、封装等基本概念来进行程序设计

- 以下三者缺一均不属于面向对象程序设计
  - ✓ 使用类和对象
  - ✓ 以类和对象作为程序的基本构件
  - ✓ 使用类之间的继承关系

面向对象编程

- C#中类的定义和组成

```
访问修饰符 class 类名{
        访问修饰符 字段类型 字段名;
        访问修饰符 属性类型 属性名{
                get{ …}
                set{ …}
        }
        访问修饰符 返回值 方法名(参数列表){
                …// 方法的执行
        }
}
```

- C#中类的组成：类 = 字段 + 属性 + 方法

面向对象编程

- 常用访问修饰符
  - public：公有访问。一个类或类成员标志为public时，其他类的任何实例都允许访问
  - private：私有访问。只能从该类的成员（即类的方法、字段和属性）来访问。类成员默认为private，如果希望它是公共的，需要明确标志为public
  - protected：受保护访问。可以由该类中所有其他成员，以及该类子类中的所有成员可以访问

面向对象编程

- 对象的用法

初始化对象

如果没有构造函数，采用对象初始化方法

new 类名(){设置属性的初始值};

```
var mRec = new MonitorRecord() {
RecordId = 23,
MonitorValue = 0.618
};
```

若有构造函数，采用构造函数初始化对象

```
var mRec =
new MonitorRecord(23,0.618)
```

```
public class MonitorRecord {
        public MonitorRecord(int id, double val)
        {
                RecordId = id;
                MonitorTime = DateTime.Now;
                MonitorValue = val;
        }
        public int RecordId { get; set; }
        public DateTime MonitorTime { get; set; }
        public int ElemId { get; set; }
        public double MonitorValue { get; set; }

        public string SomeMethod()
        {
           // 方法的执行
        }
}
```

面向对象编程

- 对象的用法

对象引用

在创建对象时，必须用一个对象引用指向该对象

```
var mRec1 = new MonitorRecord();
var mRec2 = new MonitorRecord();
mRec1 = mRec2;
```

只能通过引用使用对象中的字段、属性、方法

```
var time = mRec1.MonitorTime;
var str = mRec1.SomeMethod();
```

```
public class MonitorRecord {
    public MonitorRecord(int id, double val)
    {
        RecordId = id;
        MonitorTime = DateTime.Now;
        MonitorValue = val;
    }
    public int RecordId { get; set; }
    public DateTime MonitorTime { get; set; }
    public int ElemId { get; set; }
    public double MonitorValue { get; set; }

    public string SomeMethod()
    {
      // 方法的执行
    }
}
```

面向对象编程

- 数据封装

数据封装的概念

- 公有将对象的实现与对象的界面分离开来，使得外部只能通过对象的界面来利用对象提供的服务
- 对象的界面：对外公开成员
- 对象的实现：包括数据，内部操作，操作的实现

数据封装带来的好处

- 将改变程序带来的影响局部化，避免程序中出现Bug

面向对象编程

- 数据封装

C#对封装的实现

- 在类中对成员的访问权限进行定义
- 将类中的成员用private或protected修饰来控制对其的访问
- 外部对private修饰的成员的访问：只能使用返回该成员的公共方法

```
private int _member;
public int GetMember() {
    return _member;
}
```

面向对象编程

- 数据封装

```
public class Line {
        private Point2D point1;
        private Point2D point2;

        public Line(Point2D point1, Point2D point2){
                this.point1 = point1;
                this.point2 = point2;
        }

        public double GetDistance(){
                var dx = point1.X -point2.X;
                var dy= point1.Y -point2.Y;
                return Math.Sqrt(dx * dx + dy* dy);
        }
}
```

private成员仅供内部的函数使用

外部无法修改它们，故不会在Line对象中引入错误

面向对象编程

- 接口：实现多态的途径

接口定义

- 接口（interface）是一种约定，用来定义实现该接口的类应该具有的方法和属性
- 但本身不包含具体实现

接口的特点

- 实现接口的类必须包括接口的所有方法，并给出具体实现
- 接口可以像类一样有继承关系

面向对象编程

- 接口：实现多态的途径

```
public interface IShowable {
        double ShowValue {get; set;}
        void Show();
}
```

```
public class WaterRecord : IShowable {
        public double ShowValue {get; set;}
        public WaterRecord(double val) {
                ShowValue = val; }
        public void Show() {
                MessageBox.Show("water :"
                + ShowValue); }
}

public class TemperatureRecord : IShowable {
        public double ShowValue {get; set;}
        public TemperatureRecord(double val) {
                ShowValue = val; }
        public void Show() {
                MessageBox.Show("temperature :"
                + ShowValue); }
}
```

```
public void Execute() {
        var rec1 = new WaterRecord(0.6);
        var rec2 =
                new TemperatureRecord(27);

        IShowable shower;

        shower = rec1;
        shower.Show();

        shower = rec2;
        shower.Show();
}
```

输出？

面向对象编程

- 继承
  - 利用已有的类来生成新类，使新类不仅具有新定义的成员，而且还拥有已有的类的成员
  - 已有的类被称为基类；新生成的类被称为子类
  - 从一个基类派生称为单继承；从多个基类派生称为多继承。C#不支持类的多继承，但可以继承多个接口
  - 继承带来的好处：可以利用现有程序，代码表达经济

思考：为什么C#设计成只允许继承一个基类，却允许继承多个接口？这样解决了C++中的什么弊端？

面向对象编程

- 继承

```
public class MonitorRecord {
    public int RecordId
{ get; set; }
    public int ElemId { get; set; }
    public double MonitorValue
{ get; set; }

    public string SomeMethod()
    {
        // 方法的执行
    }
}
```

```
public class WaterRec : MonitorRecord {
    public double WaterValue{get;set;}

    public void ShowValue() {
        MessageBox.Show(RecordId
        + " : WaterValue is" +
        WaterValue);
    }
}
```

子类可以使用基类的属性

面向对象编程

- 面向对象的好处

程序的结构自然、直观，易于理解

- 可以找到现实中的对应物及其作用机制

较易形成可复用的部件

- 每创建的一个新类，将有潜力在未来的软件开发过程中使用，从而可以提高开发速度和质量
- 未来的大部分程序将用标准化的、可交换的部件组合起来进行构筑

提纲

- 概述
- 面向对象编程
- BIM-Star二次开发及实例
- 结语

BIM-Star二次开发及实例

BIM-Star简介

- BIM-Star是基于清华大学4D-BIM课题组多年研究成果，由深圳筑星科技有限公司研发的具有自主知识产权的BIM软件产品，可进行包括设计、施工、运维在内的全生命期BIM软件开发
- 主要功能软件均以插件的形式挂接到BIM-STAR平台上
- BIM-STAR教育版目前提供了一些应用于施工阶段和运维阶段的基础BIM插件，同学们也可以根据自己的需求自主开发一些插件（第三次作业）

BIM-Star二次开发及实例

- 让BIM-Star说Hello world
  - is not easy

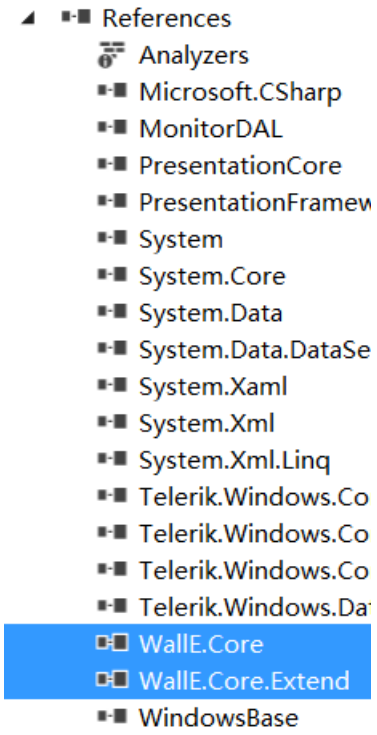
新建插件工程

- 创建一个文件夹存储所有的插件工程
- 用Visual Studio创建新项目，类型为class library（.dll）
- 引用BIM-Star提供的API：

  WallE.Core

  WallE.Core.Extend

  ……

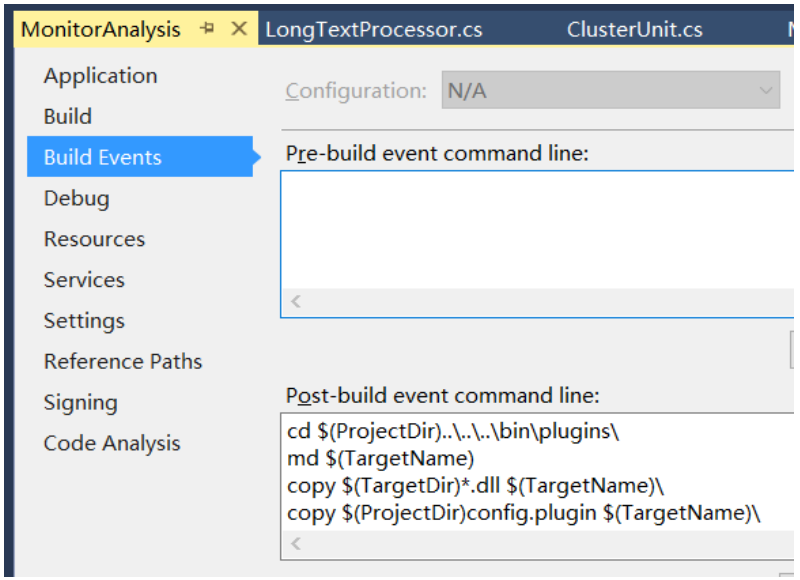


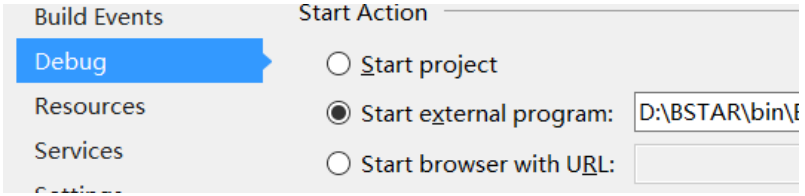
BIM-Star二次开发及实例

- 让BIM-Star说Hello world

配置调试环境

- 进入项目属性页
- build events中设置编译后的文件拷贝至BIM-Star安装目录下，用于安装此插件
- Debug选项中设置调试时启动外部程序（即BIM-Star主程序的路径）
- 因为dll必须在主程序运行时进行调试





BIM-Star二次开发及实例

- 让BIM-Star说Hello world

新建配置代码

- 创建两个配置文件

  config.plugin

  _xxxConfig.xml

- 以规定的格式描述了插件的信息
- 加载插件时读取

AnalysisConfig.xml | config.plugin

```
1  <?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
2  <Plugin Key="489707D1-E6CD-4280-9C0C-A1B403
3          Description="监测数据的分析" LoadTi
4          IsEnable="true">
5    <SqlFiles>
6      <SqlFile Name="sqls/MonitorRecordListBu
7      <SqlFile Name="sqls/MonitorRecordListBu
8
9    </SqlFiles>
10 </Plugin>
```

_MonitorAnalysisConfig.xml | config.plugin

```
1  <?xml version="1.0" encoding=
2  <Root>
3    <RibbonTab>Monitor</RibbonT
4    <TabIndex>0</TabIndex>
5  </Root>
```

BIM-Star二次开发及实例

- 让BIM-Star说Hello world

建立插件类

- 创建插件类，并继承IPlugin接口
- public class SayHelloPlugin : IPlugin

- 实现IPlugin接口里的两个方法：加载和卸载
- public void Install(IPluginInfo pluginInfo)
- public void Uninstall()

- 所有的功能写在Install里面

BIM-Star二次开发及实例

- 让BIM-Star说Hello world

建立命令对象、注册命令

- 1、声明一个命令对象，为插件类的成员属性
- public RelayCommand SayHello;
- 2、给命令变量赋值
- SayHello = new RelayCommand(OnSayHello);
- 其中OnSayHello是一个返回void且无参数的函数
- 3、向主程序注册此命令，并给它一个名字
- M.CommandManager.Register(new CommandInfo("Hello_SayHello", SayHello));

BIM-Star二次开发及实例

- 让BIM-Star说Hello world

定义菜单按钮

- 创建菜单描述代码SayHelloGroup.xml

SayHelloGroup.xml

```
1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
2 <Group Header="打招呼">
3   <Button Text="说Hello" ButtonSize="Large" Click="Hello_SayHello"/>
4 </Group>
```

- 定义一个菜单组，名字是“打招呼”
- 定义一个Button
- 指定点击时执行命令的名称
- Click="Hello_SayHello"

BIM-Star二次开发及实例

- 让BIM-Star说Hello world

写命令响应函数

- 创建OnSayHello函数作为命令响应
- 必须是一个返回void且无参数的函数

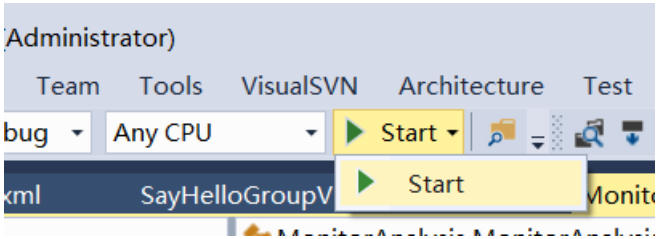
```
private void OnSayHello()
{
    MessageBox.Show("Hello, world!");
}
```

BIM-Star二次开发及实例

- 让BIM-Star说Hello world

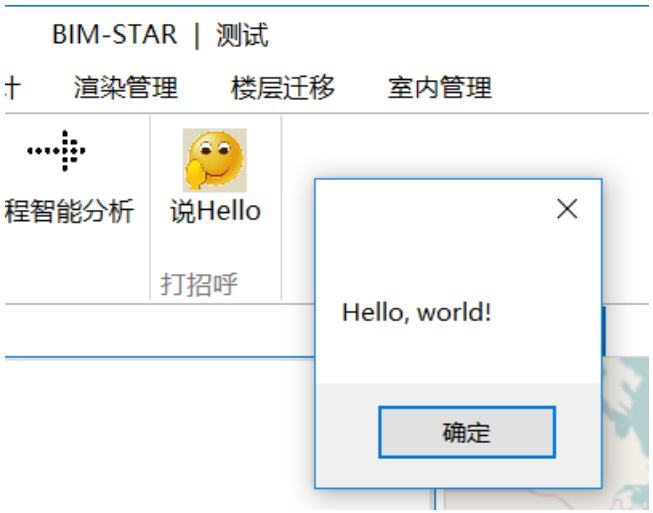
编译、运行

- 使用Start按钮开始编译调试



- 开始运行主程序

- 加载插件后即可运行 →



BIM-Star二次开发及实例

图形用户界面开发

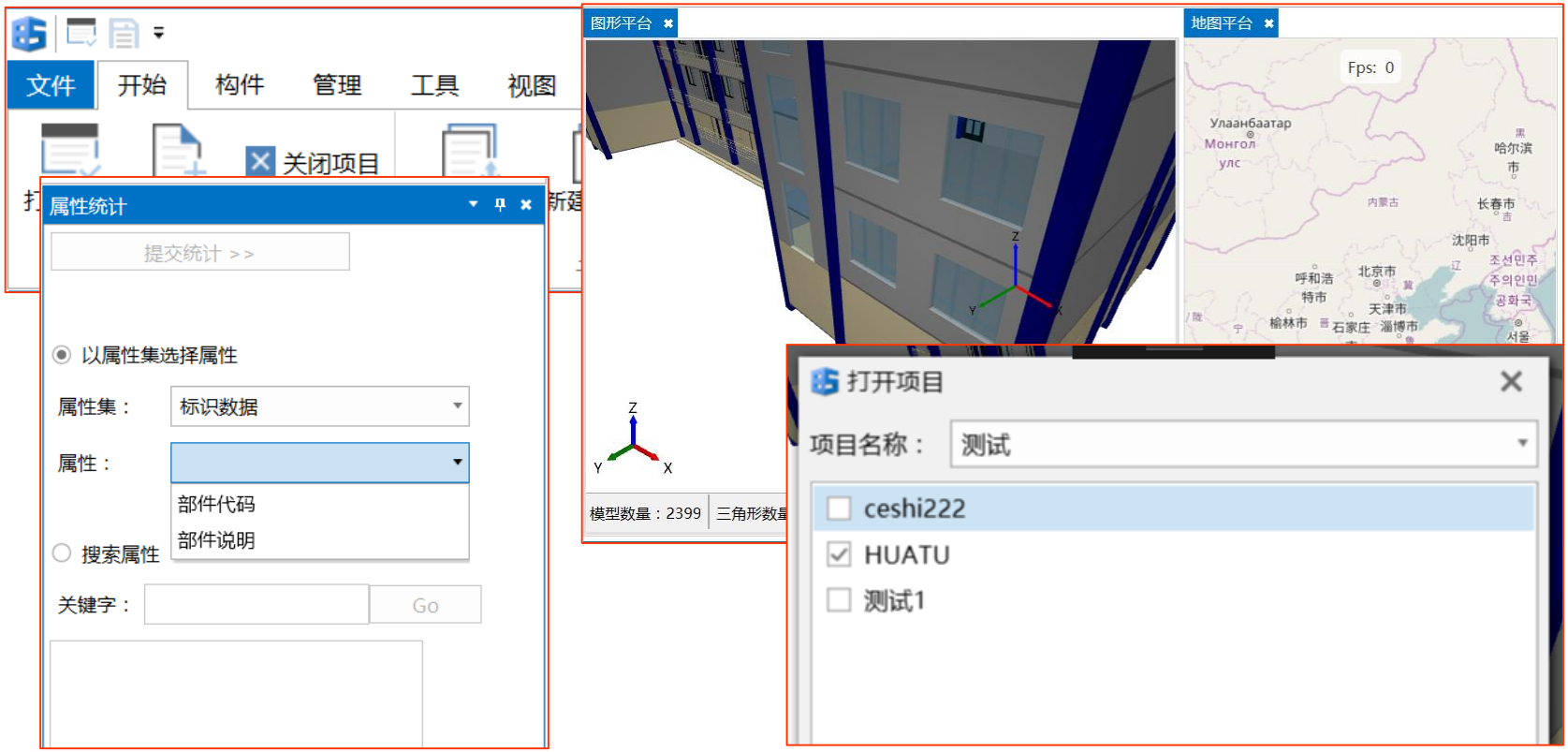
- 图形用户界面（Graphical User Interface，GUI）是指采用图形方式显示的计算机操作用户界面

- 窗口(Windows)、图标(Icons)、菜单(Menus)、指示器(Pointing Device)四位一体，形成桌面(Desktop)

- 用户界面技术的特点体现在三方面
  - ✓ 多视窗技术
  - ✓ 菜单技术
  - ✓ 联机帮助

BIM-Star二次开发及实例

- 用户界面举例
  - Ribbons菜单 弹出窗口 面板 图形平台 ……



BIM-Star二次开发及实例

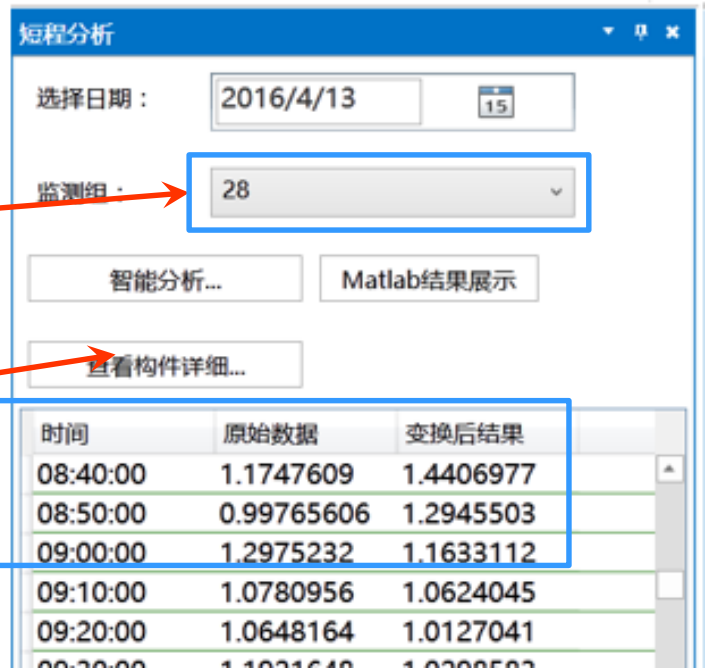
- 编写用户界面的工具——WPF
  - WPF（Windows Presentation Foundation）是微软推出的用户界面框架
  - 提供了统一的编程模型、语言和框架，真正做到了分离界面设计人员与开发人员的工作
  - 同时它提供了全新的多媒体交互用户图形界面

  - 是Windows系统的全新一代的界面编程框架
  - 完全面向对象的对象模型。使用对象描述语言XAML
  - 可以使用开发工具进行可视化编辑

BIM-Star二次开发及实例

- WPF常用界面元素

```
<Label Margin="5" Content="选择日期：" Width="90"/>
<DatePicker ……/>

<Label Margin="5" Content="监测组：" Width="90"/>
<ComboBox Margin="5" Width="200" ……/>

……
<Button Content="查看构件详细..." ……/>

<DataGrid ……>
    <DataGrid.Columns>
        <DataGridTextColumn Header="时间" ……/>
        <DataGridTextColumn Header="原始数据" ……/>
        <DataGridTextColumn Header="变换后结果" ……/>
    </DataGrid.Columns>
</DataGrid>
```



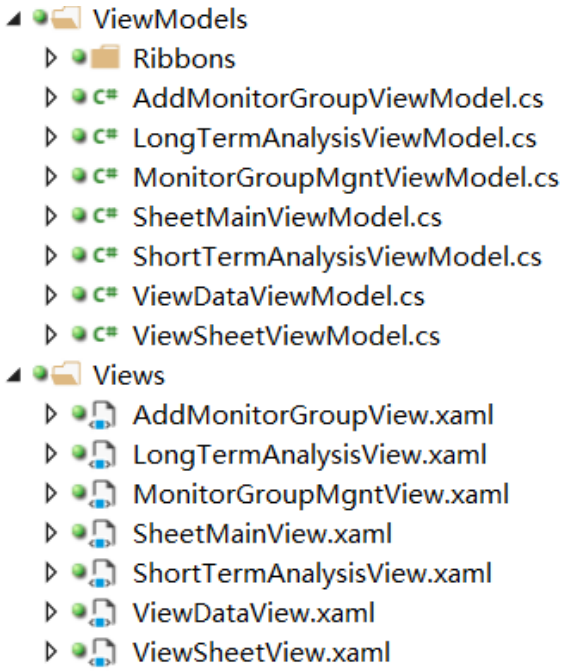
Xaml界面描述语言

BIM-Star二次开发及实例

- MVVM编程模型

Model-View-ViewModel

- 主要思路：采用WPF的数据绑定将界面和后台逻辑分离出来



特点和优势

- 1. 低耦合：视图和模型互不影响
- 2. 可重用性
- 3. 独立开发：开发人员可以专注于业务逻辑和数据的开发，界面设计人员可以专注于设计和展示数据
- 4. 方便测试

BIM-Star二次开发及实例

按钮和触发命令

- 根据MVVM的编程原则，调用的命令和界面要分离
- 定义MyCmd命令

```
MyCmd = new RelayCommand(OnMyCmd);
```

- Ribbons菜单按钮（注册然后在XML中赋予命令名称）

```
M.CommandManager.Register(new CommandInfo("Cmd_MyCmd", MyCmd));
<Button Text="我的命令" …… Click="Cmd_MyCmd"/>
```

- 用户界面的按钮（xaml中绑定命令变量）

```
<Button Content="我的命令" Command="{Binding Path=MyCmd}"/>
```

BIM-Star二次开发及实例

- 其它控件
  - BIMStar的API提供了快速创建面板和窗口的方法
  - 面板：M.DockingManager.InsertPane(…)
  - 对话框：M.DialogManager.ShowDialog(…)
  - BIM图形平台为内置控件
  - 图形平台支持Python脚本的控制
  - 这些控件在MVVM模式下的用法将在上机课进行演示

BIM-Star二次开发及实例

开发实例-背景

- 监测数据存在长期的周期规律
- 短程以天为单位、长程例如周和月
- 在小范围内无规律：楼中用户的非规律性行为导致一小段时间内的数据有较大的波动
- 需要一种方法分析长程规律和短程无规律的数据
- 以找到起主导因素的规律
- 若能在智能分析的基础上，进一步提供BIM监测数据的交互展示功能，则具有工程应用价值

BIM-Star二次开发及实例

- 开发实例-技术和方法

《应用BIM和离散傅里叶变换的建筑监测数据智能分析和展示》

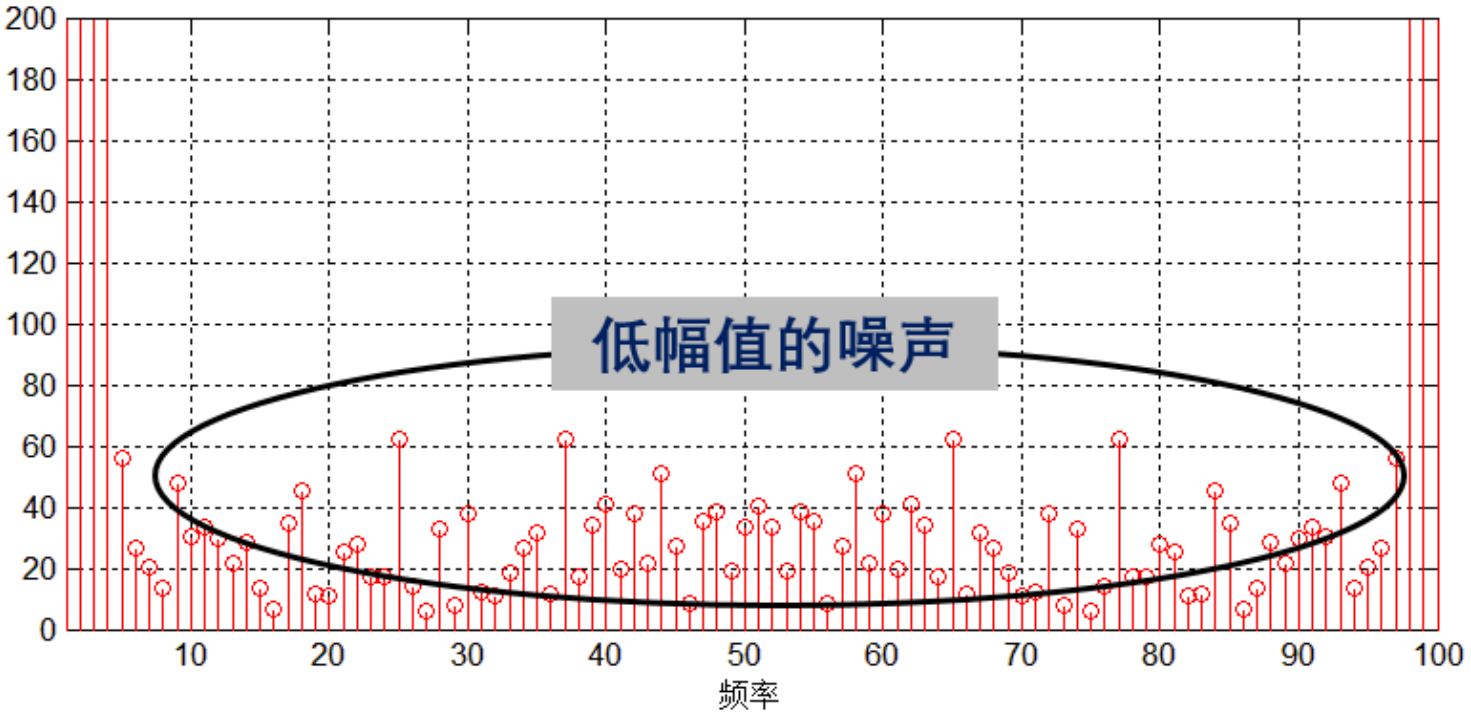
$$\widetilde{X}(k) = DFS[\widetilde{x}(n)] = \sum_{n=0}^{N-1} \widetilde{x}(n) e^{-j\frac{2\pi}{N}nk} = \sum_{n=0}^{N-1} \widetilde{x}(n) W_N^{nk}$$

$$\widetilde{x}(n) = IDFS[\widetilde{X}(k)] = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \widetilde{X}(k) e^{j\frac{2\pi}{N}nk} = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} \widetilde{X}(k) W_N^{-nk}$$

- 数学细节不展开讲，主要步骤概括为：
- 1、来自BIM集成的监测数据序列经过DFS（傅里叶正变换），得到频率
- 2、过滤低幅值的噪音
- 3、经过IDFS（逆变换），得到处理后的序列

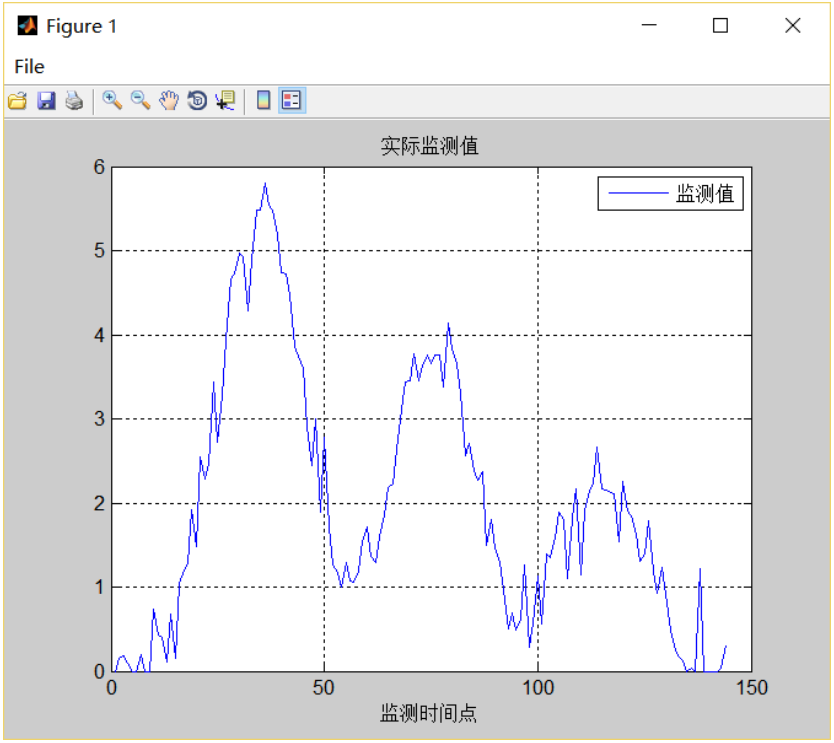
BIM-Star二次开发及实例

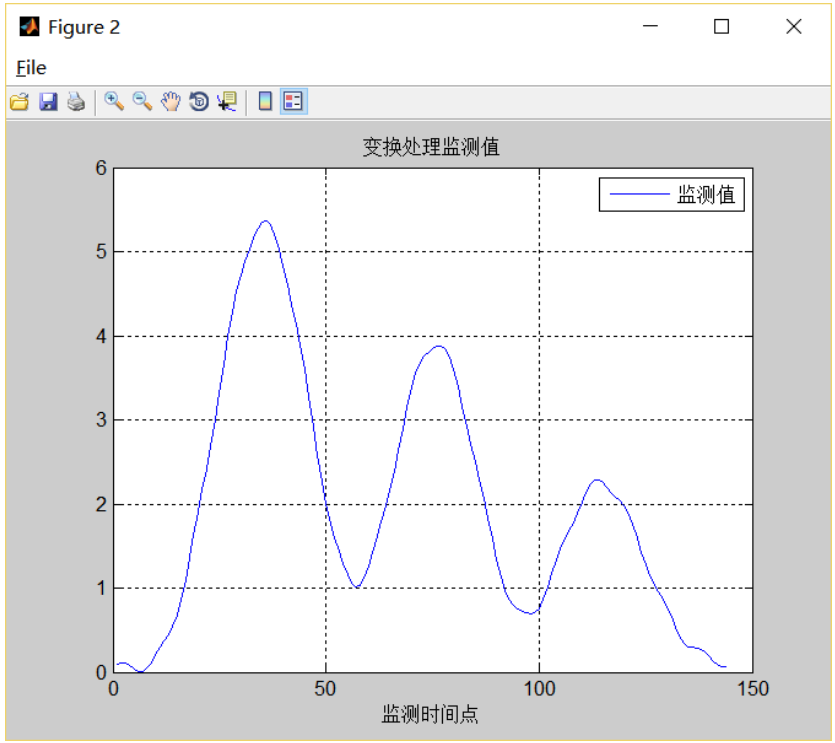
- 开发实例-技术和方法
  - BIM监测数据变换至频率表示：



BIM-Star二次开发及实例

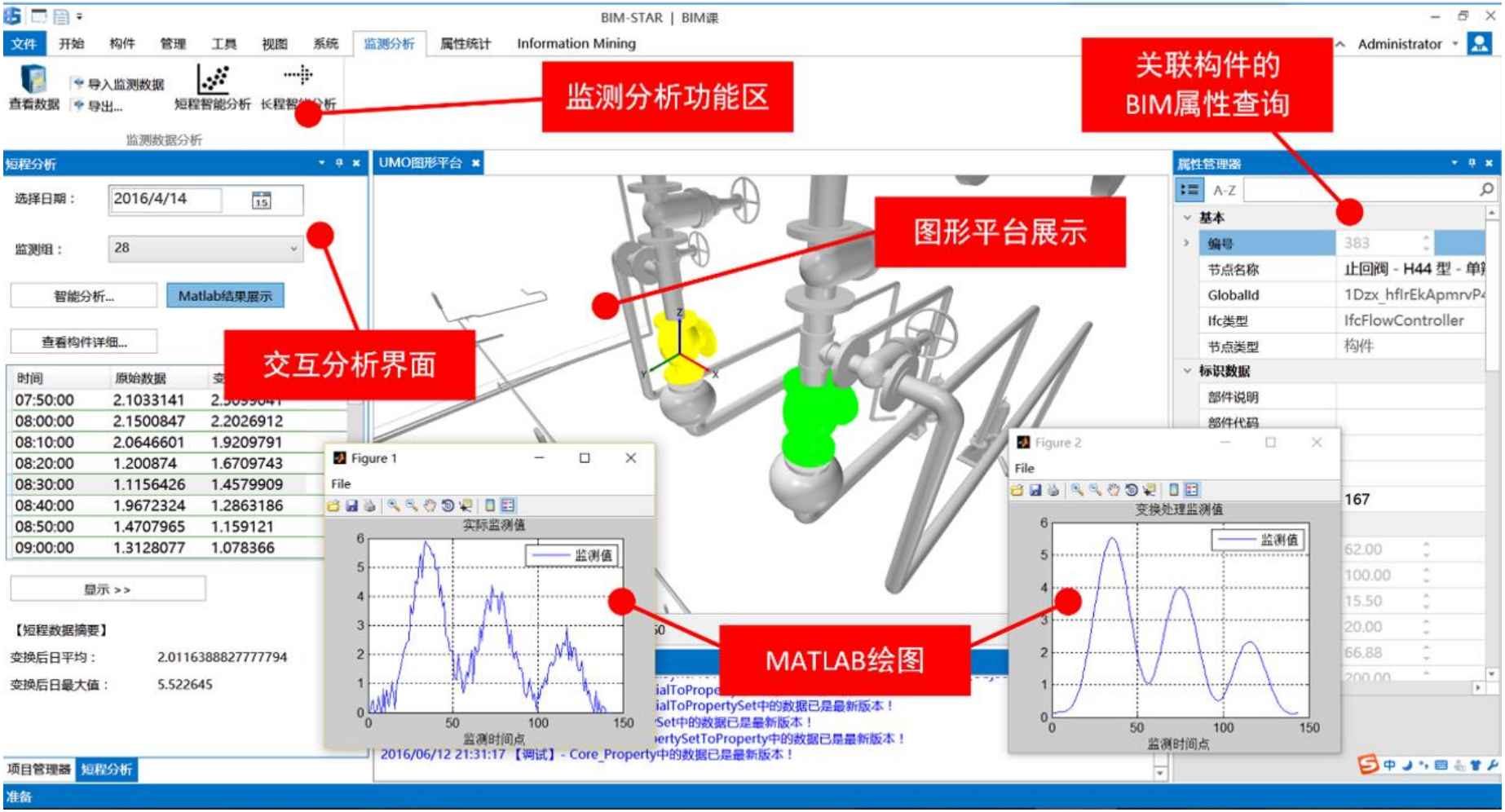
- 开发实例-技术和方法
  - 原始监测数据 → 变换处理后





BIM-Star二次开发及实例

- 开发实例-界面



BIM-Star二次开发及实例

开发实例-功能1：导入数据，关联模型构件

- 导入数据文件
- 以监测数据的聚合汇总，并且关联至不同层次的构件组
- 关联则按数据所属监测组去匹配构件

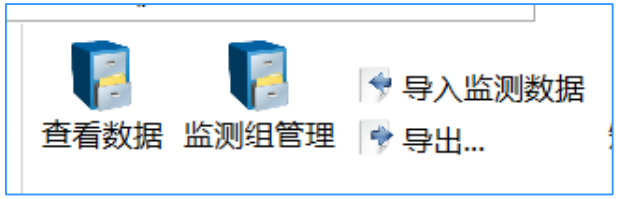
导入数据至BIM数据库：

```
await mdata.MonitorRecordHub.NewRecordAsync(recordElec.ToDictionary(), true);

await mdata.MonitorRecordHub.NewRecordAsync(recordWater.ToDictionary(), true);
```

BIM-Star二次开发及实例

开发实例-功能2：原始数据查询

- 随时以交互界面查看BIM数据库

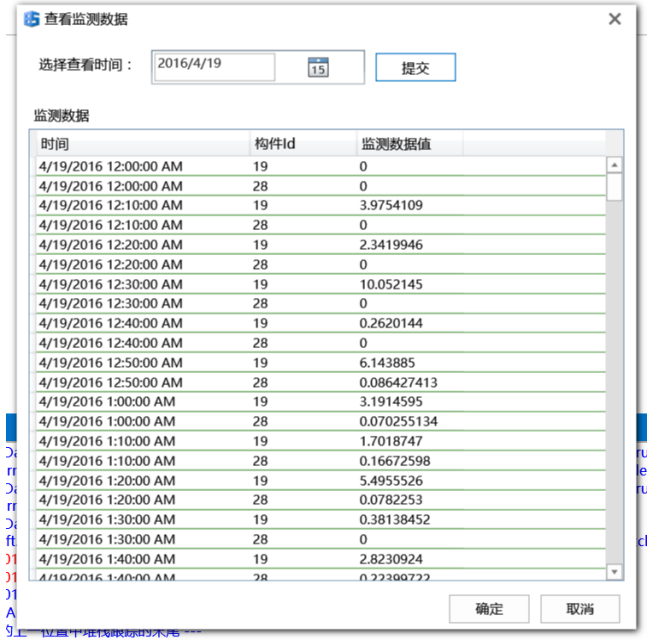


从BIM数据库获得数据：

```
var findResult = await mdata.MonitorRecordHub.GetAllAsync();
```

转换为监测记录类型并添加进AllRecords：

```
foreach (var r in findResult)
{
    var rcd = r.As<MonitorRecord>();
    AllRecords.Add(rcd);
}
```



BIM-Star二次开发及实例

开发实例-功能3：监测组管理

- 在这里可以创建监测组，提供信息录入、更改和删除功能。然后将相关的机电构件添加至对应的组，在图形平台可查看各监测组包含的构件

得到当前项目所有构件的列表：

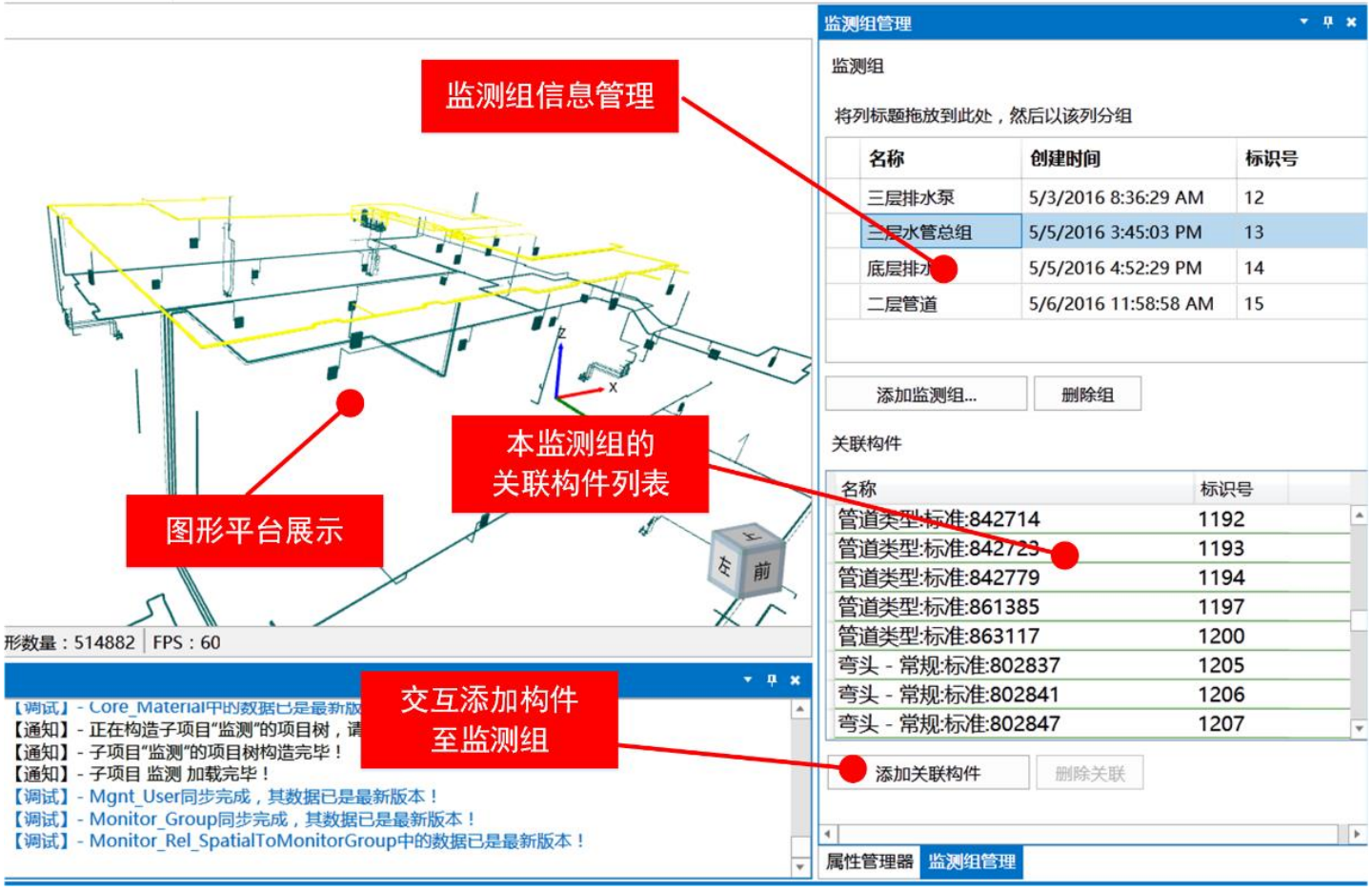
```
var nodelist = M.SceneManager.ProjectScene.DescendantsAndSelf<ISpatialNode>();
```

如果构件是选中状态，则添加一个关联关系：

```
foreach (var n in nodelist.Where(c => c.IsSelected && c.SpatialType ==
SpatialType.Element)) {
        var newItem = new RelSpatialToMonitorGroup(){
                SpatialId = (int)n.Key,
                MonitorGroupId = SelectedGroup.Id };
        await _relHub.NewRecordAsync(newItem.ToDictionary(), true); }
```

BIM-Star二次开发及实例

- 开发实例-功能3：监测组管理



BIM-Star二次开发及实例

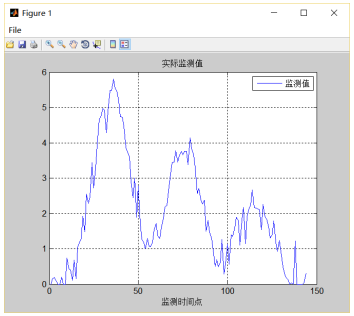
- 开发实例-功能4：短程、长程智能分析
  - 短程智能分析 分析的元素：天 / 细度：时、分、秒
  - 长程智能分析 分析的元素：长时间跨度 / 细度：天

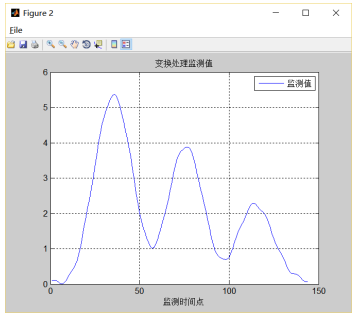
运行本插件附带的外部数学分析程序：

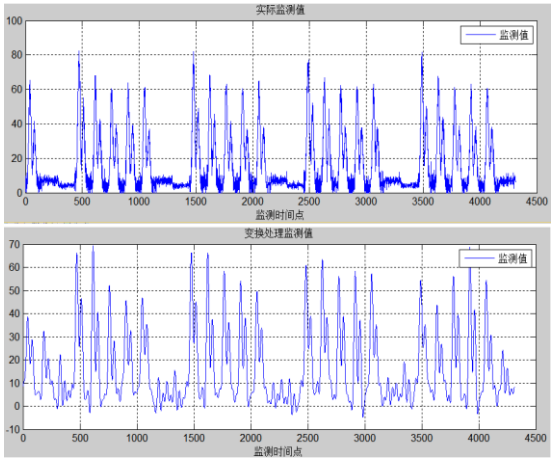
```
ProcessStartInfo info = new ProcessStartInfo();
info.FileName = typeof(MonitorAnalysisGroupViewModel).
GetPluginResPath(“Assets/coreDFS.exe”); // 获取插件路径，API提供功能
info.Arguments = "";
info.WindowStyle = ProcessWindowStyle.Minimized;
Process pro = Process.Start(info);
pro.WaitForExit();

MessageBox.Show("分析完成！");
```

BIM-Star二次开发及实例

- 开发实例-功能4：短程、长程智能分析

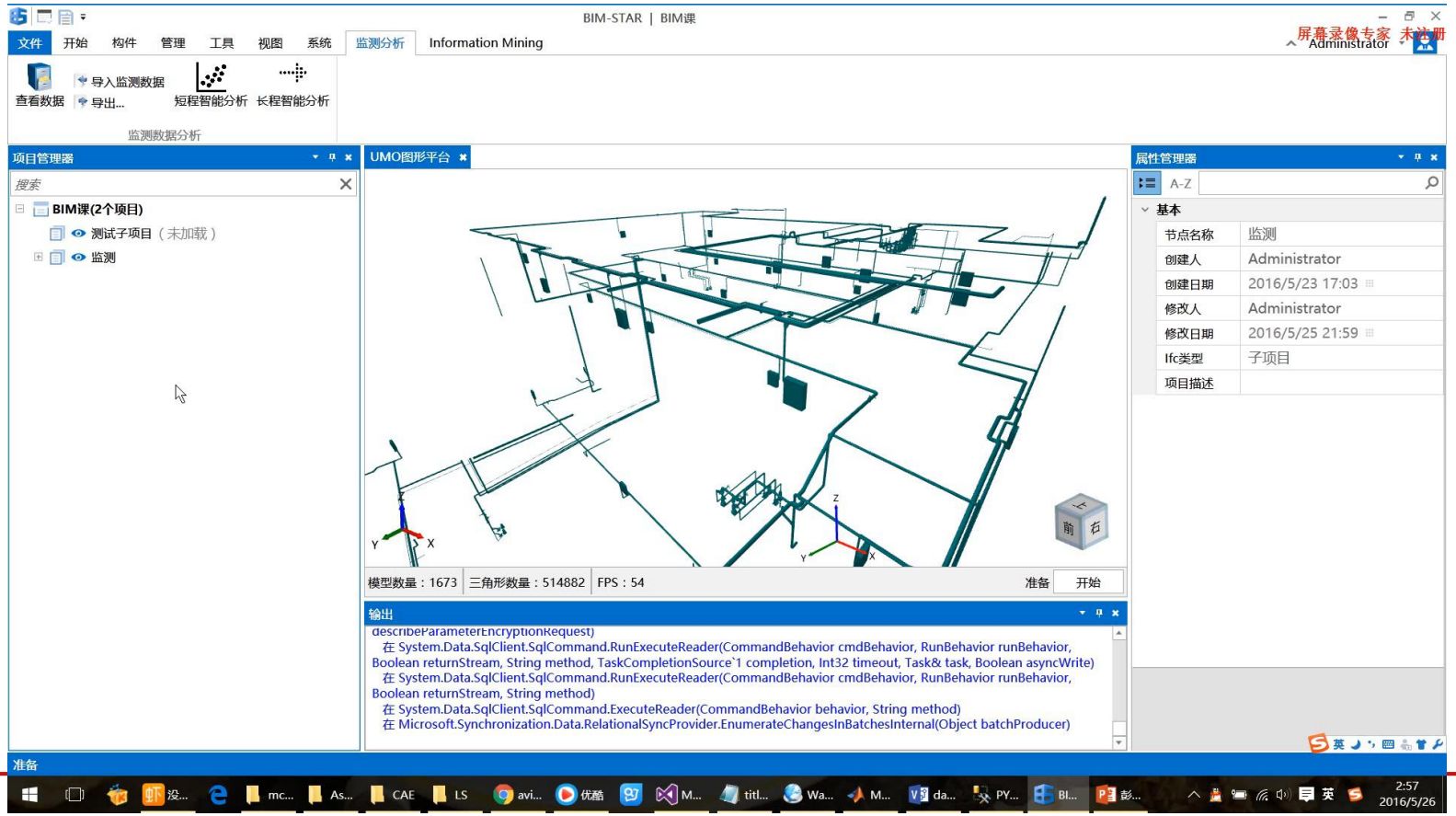






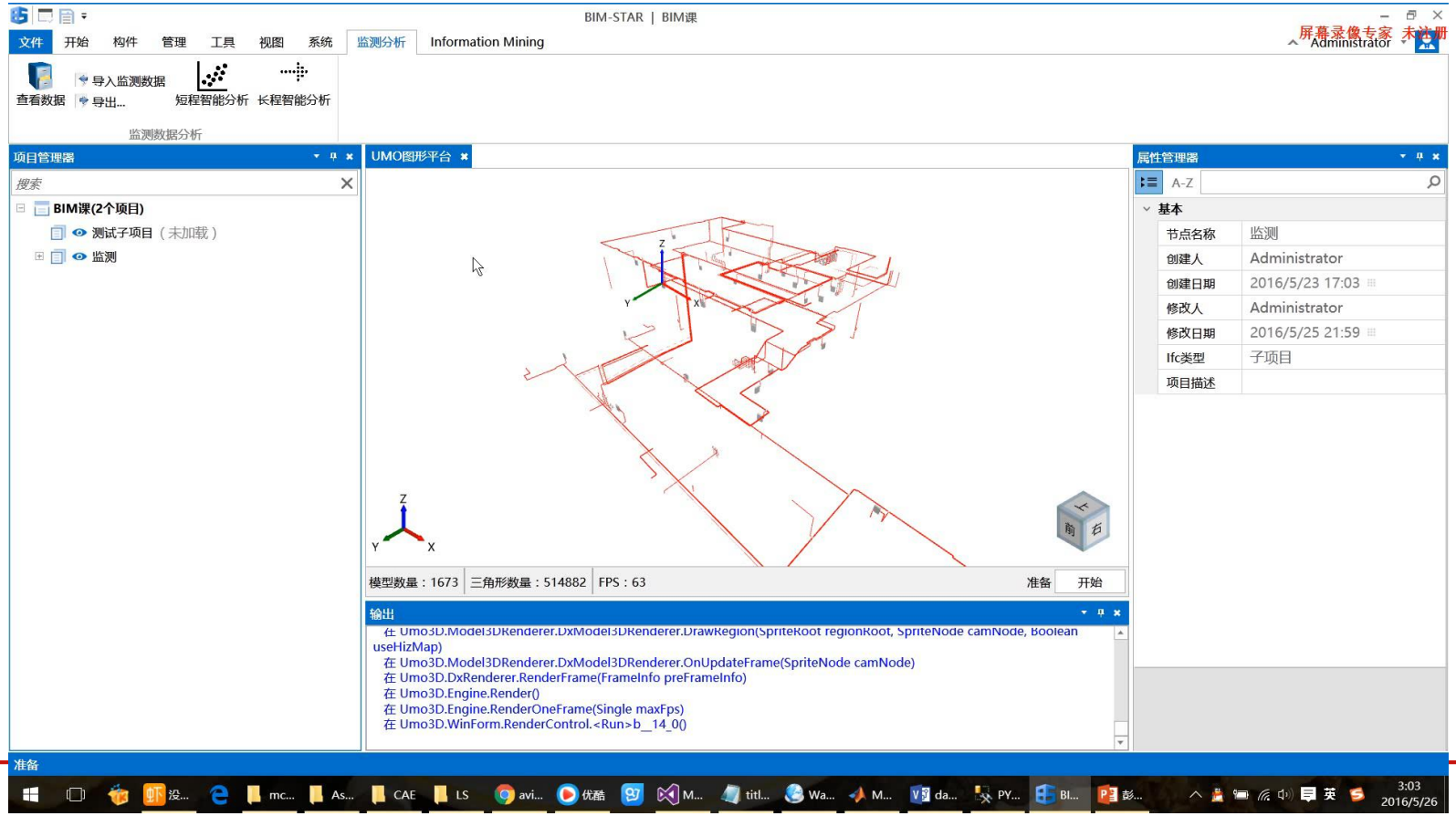
BIM-Star二次开发及实例

- 开发实例-演示视频
  - 短程分析



BIM-Star二次开发及实例

- 开发实例-演示视频
  - 长程分析



BIM-Star二次开发及实例

- 开发实例-图形平台的控制：API控制
  - BIMStar提供了操作图形显示状态的API

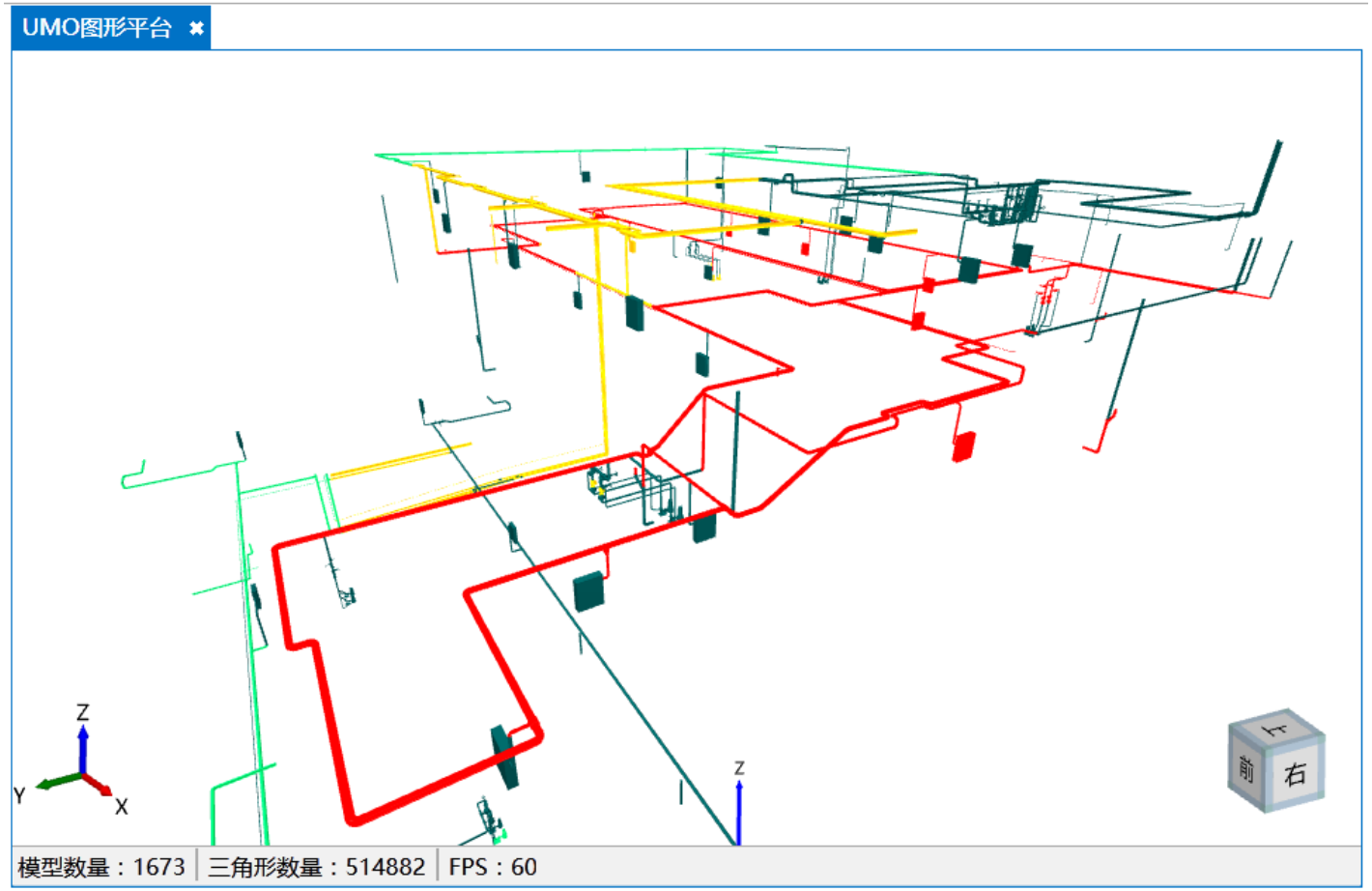
为当前分析组的构件指定颜色：

```
if (SelectedMonitorGroup == currentGroup) {
        foreach (var node in nodelist)
        {
                node.RenderStyle = new RenderStyle(); // API提供的样式类型
                node.RenderStyle.R = colorR;
                node.RenderStyle.G = colorG;
                node.RenderStyle.B = colorB;
         }
}
```

注：修改RenderStyle.A的值即是更改透明度（0.00-1.00）

BIM-Star二次开发及实例

- 开发实例-图形平台的控制：API控制

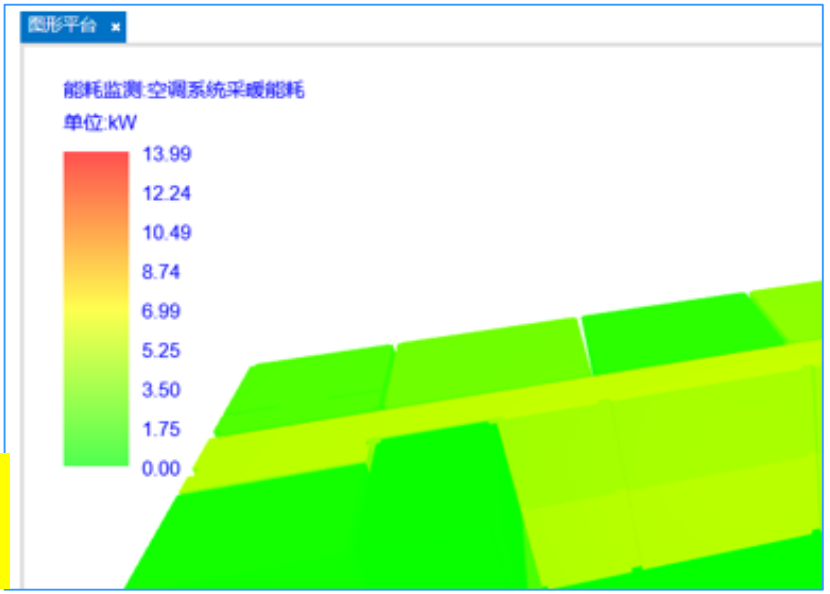


BIM-Star二次开发及实例

- 开发实例-图形平台的控制：脚本控制

脚本控制方法的使用场合

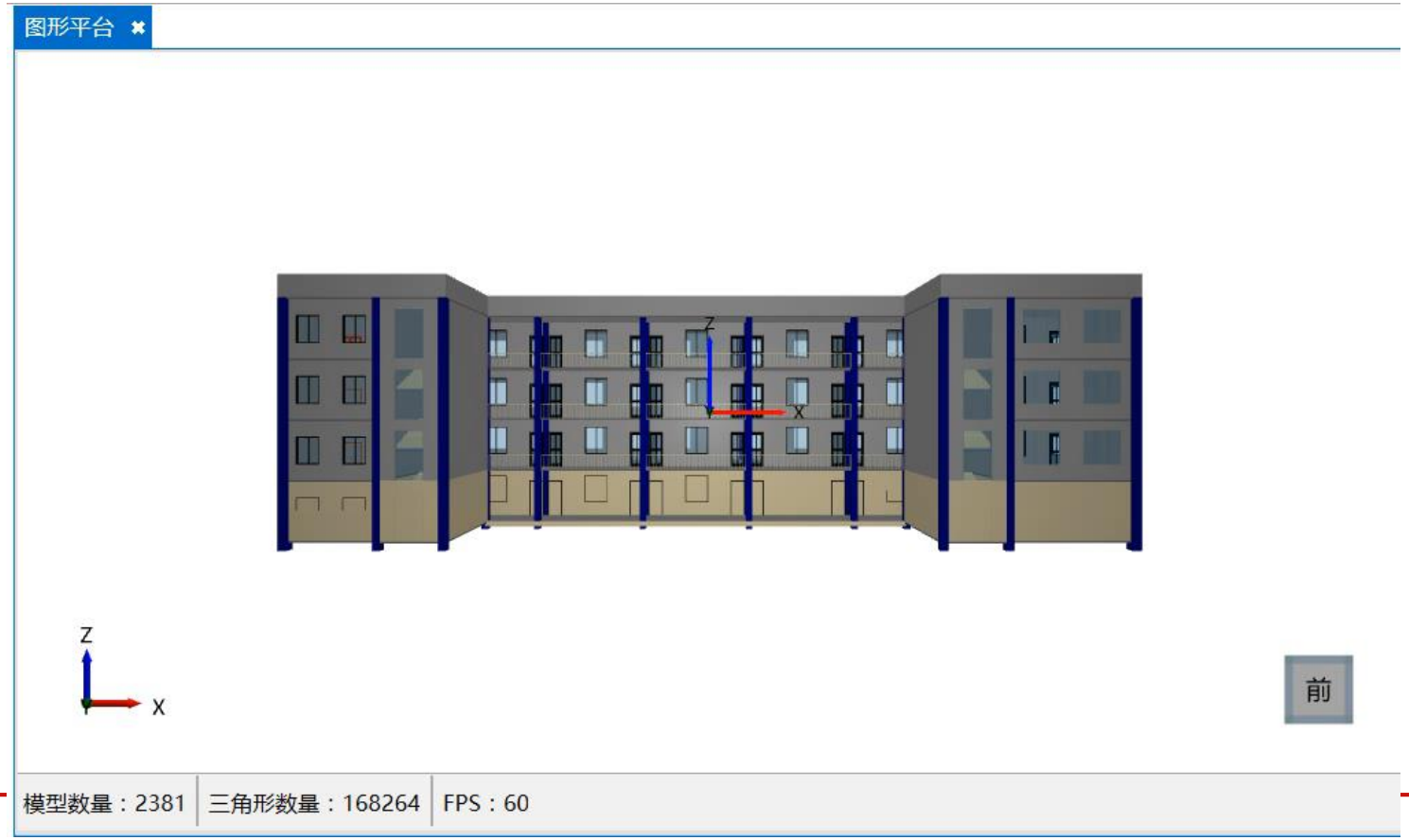
- 1、需要更精细地控制BIM元素的显示
- 2、直接与图形几何计算有关的功能
- 3、动画效果
- 4、画二维图形



图形平台中插入固定的文字和图例标尺

BIM-Star二次开发及实例

- 开发实例-演示视频
  - 使用脚本控制摄像机动画



提纲

- 概述
- 面向对象编程
- BIM-Star二次开发及实例
- 结语

结语

- 知识层面
  - 了解面向对象程序开发方法
  - 了解BIM系统二次开发
  - 掌握BIM-Star二次开发技术
- 科学方法论层面
  - 授人以鱼不如授人以渔
  - 互联网思维在BIM系统开发的渗透

谢谢！

清华大学土木工程系
胡振中 副教授
Email: huzhenzhong@tsinghua.edu.cn
个人网站: http://www.huzhenzhong.net