

2018级城市空间建模与仿  
真课程调查表



长按图片扫码

问卷网技术支持



## 城市空间建模与仿真



# 城市空间建模与仿真

## 第一讲 绪论

任课教师：汤圣君

建筑与城市规划学院 地理空间信息工程专业

其中部分图片来自互联网和同行专家

# 目录

## CONTENTS

- 01 引言**
- 02 从二维地图到三维世界**
- 03 城市空间三维建模技术**
- 04 城市空间三维可视化与仿真技术**
- 05 课程安排**

# 目录

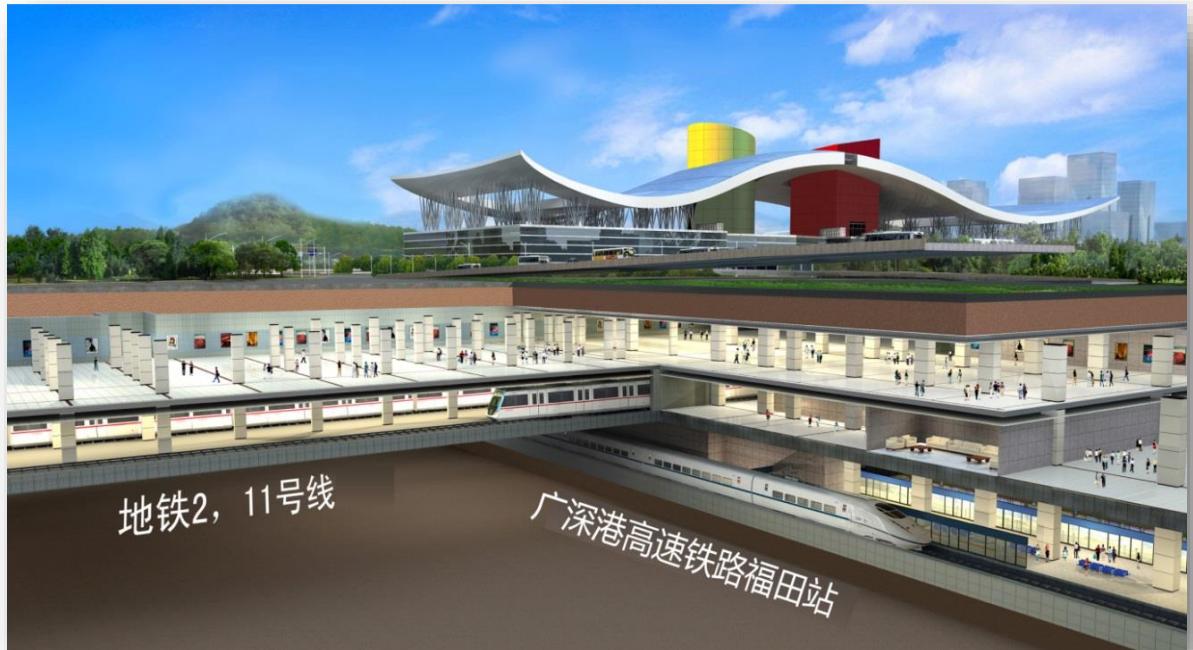
## CONTENTS

01

引言

# 中国城市化与美国的高科技发展被认为是影响21世纪人类社会发展进程的两件大事

- ✓ 大立体：室内外、地上下空间
- ✓ 高动态：日新月异



城市立体空间结构越来越复杂，全面透彻的三维空间感知与认知表达已成为城市规划、设计、建设、管理及服务亟待解决的问题

# 城市精细三维模型是智慧城市建设的关键基础信息

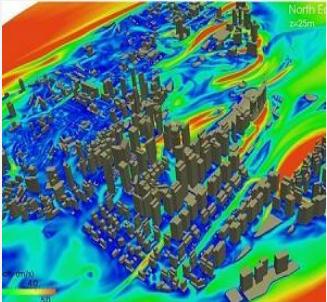
城市管理急需更加精准化



无人机送货



设施智能管理



建筑物物理设计

城市安全问题越来越突出



城市内涝



建筑物火灾



应急疏散

综合  
管理

智能  
设施

增强  
现实

位置  
智能

模拟  
预测

规划  
设计





# ■ 智慧城市建设需要虚拟城市环境的支撑

- ①南京因为挖断管线引起爆炸，催生了数字管网工程
- ②太原因为路陷，催生了“地眼工程”
- ③上海因为火灾，催生了建筑物内部三维建模
- ④北京因为洪涝，催生了精细数字高程模型生产
- ⑤青岛因为爆炸，催生了3万多公里原油，成品油和石油天然气管线彻查

什么样的城市信息系统才能支撑智慧城市建设并保障城市安全？

**教训：**如何做到理论先于实践，技术高于实践？

不再“头痛医头，脚痛医脚”！

城市化进程的加快，在聚集财富的同时，也聚集风险！  
从城市规划建设到运营管理全生命周期管理，亟需从外  
到里构建一个活生生的真三维数字城市，即  
**虚拟城市环境**

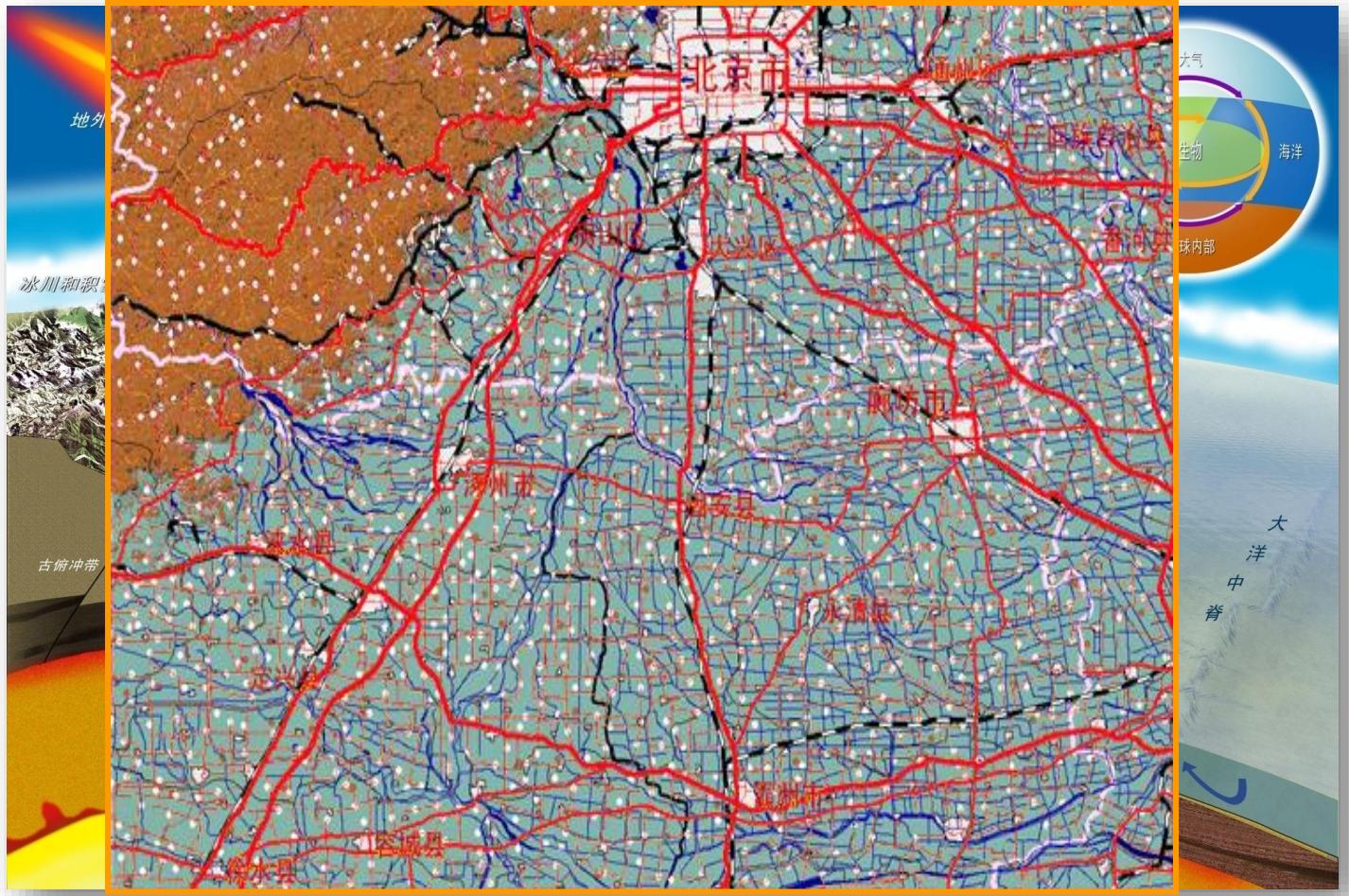
# 目录

## CONTENTS

02

从二维地图到三维世界

## 从二维地图到三维世界



# 从二维地图到三维世界



3D virtual environment

**网络：**社会化、大众化  
**三维：**深入人心（功能与物理性能直观的感知）

早期关于地理信息的思考是基于纸质地图的，而这种地图最大的局限是时间维和第3维的表达

# 从二维地图到三维世界

## 现实世界的三维立体特征

### 建筑物

几何形状与纹理材质，房屋结构与室内布局，房产等

地上

### 道路网络

实际车道路面和交通设施，抽象的道路中心线等

我们生活在由这些构成的三维立体空间

### 地形表面

DEM(TIN或Grid), DOM

### 地质

地层、构造、矿体等

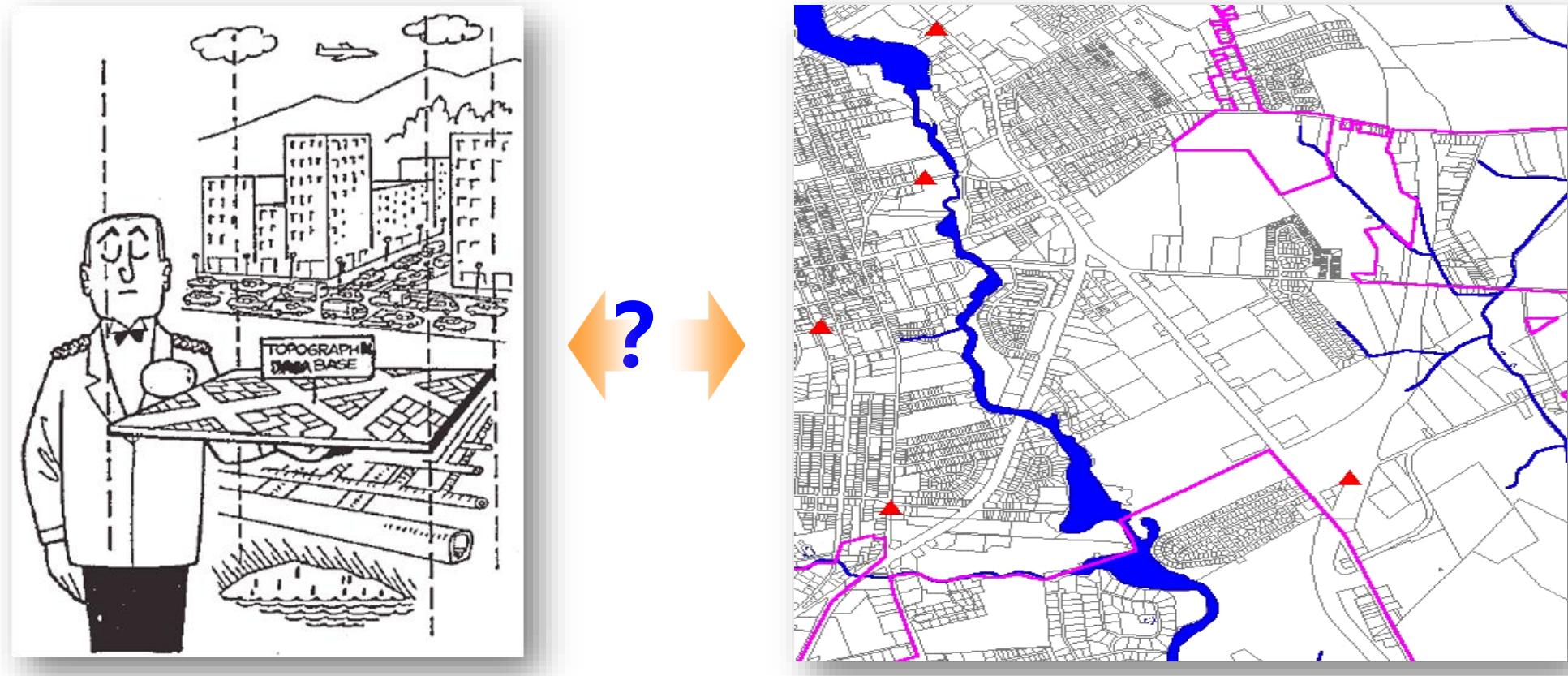
地下

### 地下设施

地下管线、巷道、构筑物等

# 从二维地图到三维世界

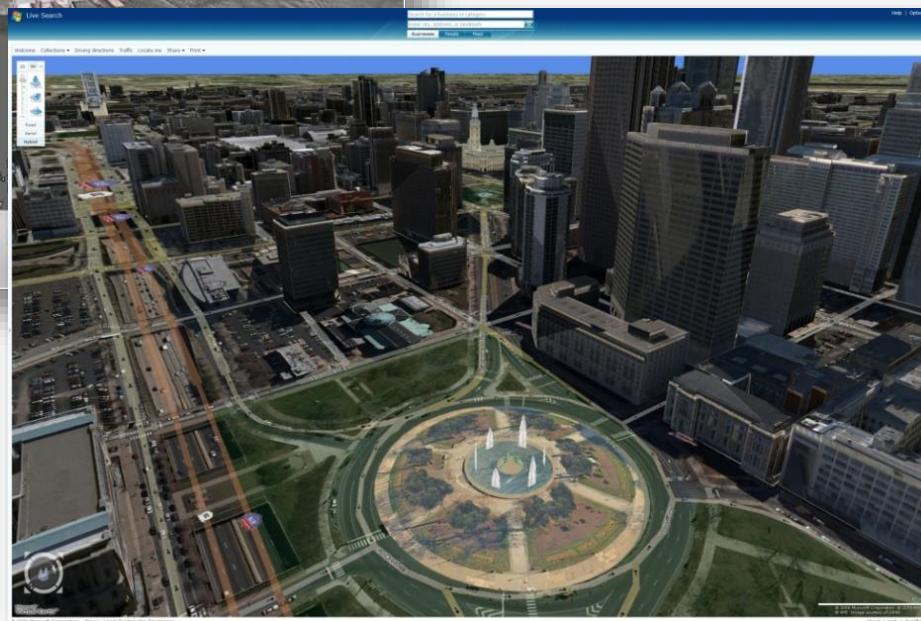
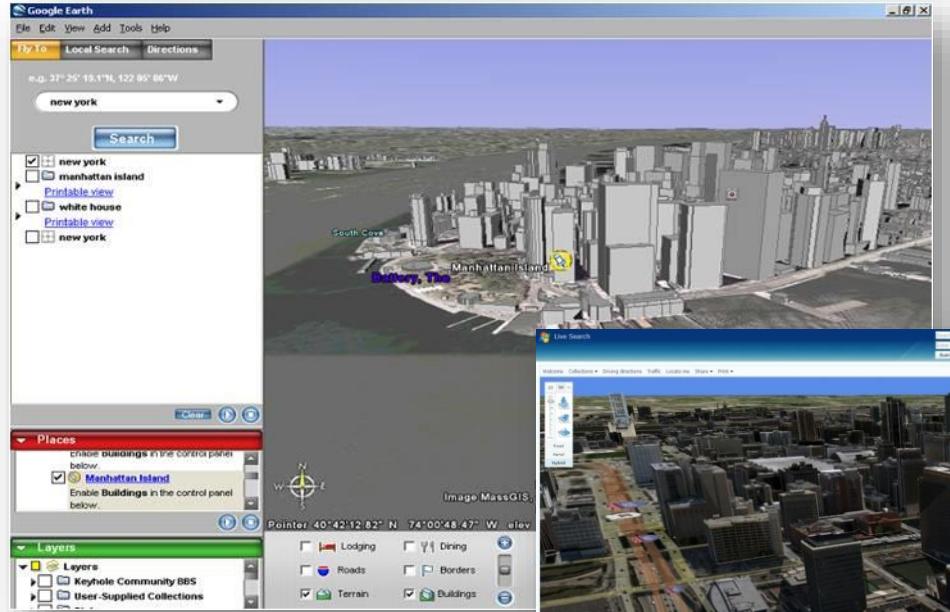
**矛盾：**人的**认识空间**（**三维世界**）与所用**工具处理问题的方法空间**（**二维地图**）不一致！



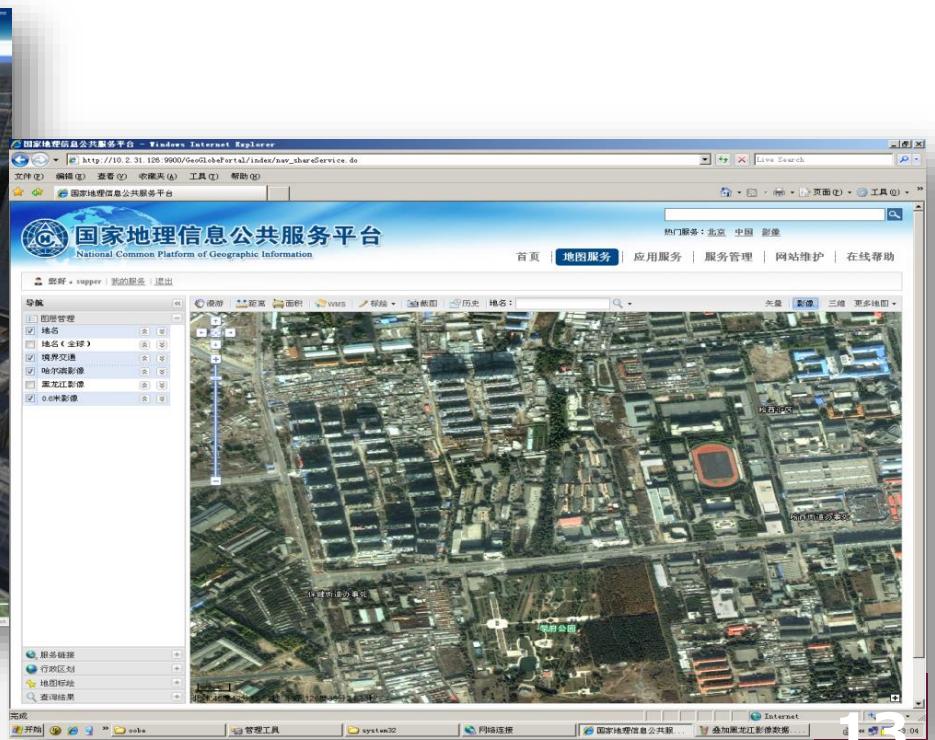
**突破二维表示局限，建立三维表示框架**

# 从二维地图到三维世界

## 日益普及的在线三维空间信息服务



改变了人们跟信息交互的方式：**从二维到三维**



# 从二维地图到三维世界

## 时空信息的多维特征

### 2维

**地图**: 以二维平面坐标 ( $X, Y$ ) 表示的地理位置与格局

### 2.5维

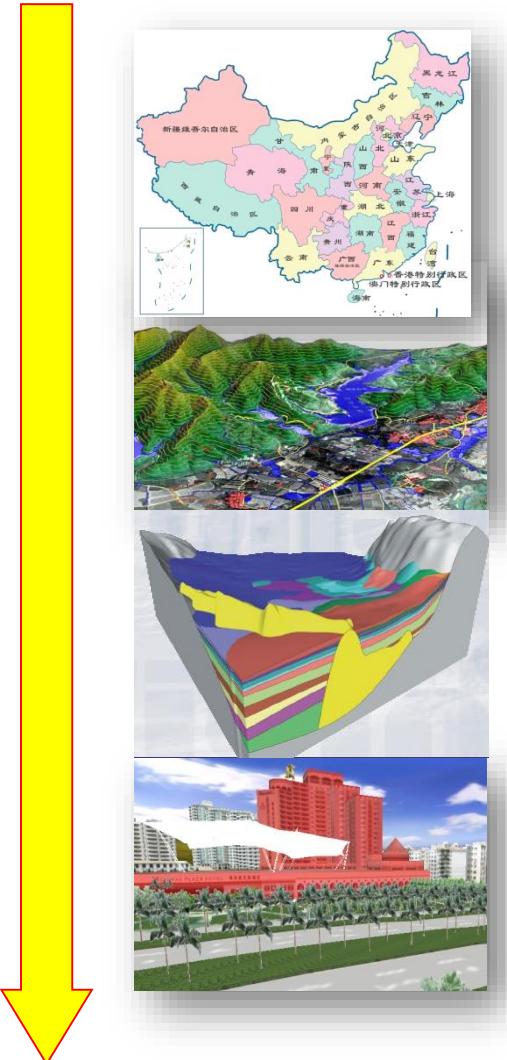
**地表景观**: 以二维平面坐标 ( $X, Y$ ) 加高程表示的地表起伏

### 3维

**立体世界**: 以三维坐标 ( $X, Y, Z$ ) 表示的空间位置、形态结构与格局

### 4维

**变化的世界**: 以四维坐标 ( $X, Y, Z, T$ ) 表示的空间位置、形态结构与格局及其变化过程



# 从二维地图到三维世界

构建全空间、全尺度、全要素的虚拟城市环境



地上下、室内外、全空间、二三维联动、海陆统筹、.....

# CONTENTS

## 目录

03

### 城市空间三维建模技术

3.1 城市空间信息三维表示的多种模式

3.2 多手段的三维空间数据获取与建模

# ■ 城市空间信息的三维表示模型

## 城市空间信息三维表示的多种模式



多视点：从宏观到微观，从全局到局部

## ■ 城市空间信息的三维表示模型

### 城市空间信息三维表示的多种模式

- ① 多角度影像或视频序列
- ② 三维立体点云模型
- ③ 三维线框或实体表面模型



可定位与可量测的实景影像

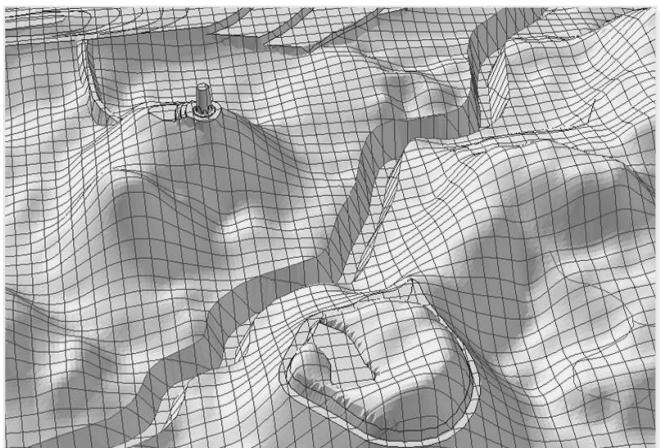


可解析分析的三维像素模型

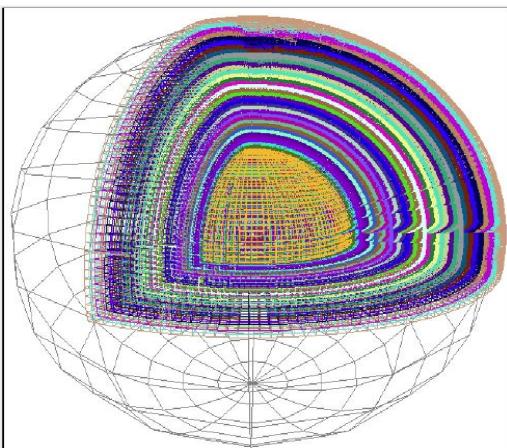
## ■ 城市空间信息的三维表示模型

### 城市空间信息三维表示的多种模式

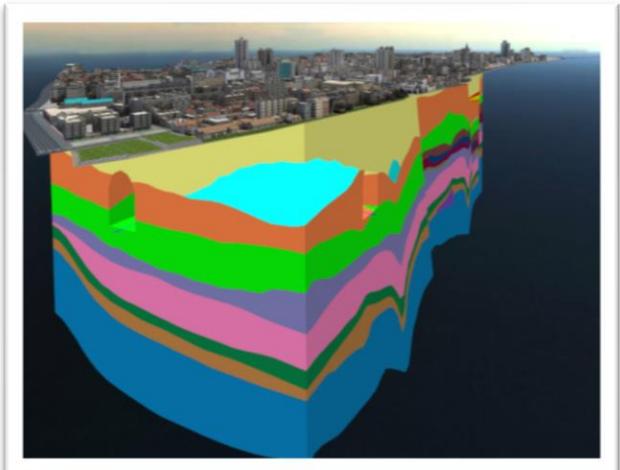
- ① 三维可视化模型：无拓扑（几何量算）
- ② 三维表面模型：几何拓扑（空间分析）
- ③ 三维对象模型：几何拓扑+语义关系（空间智能）



三维表面模型



三维格网模型

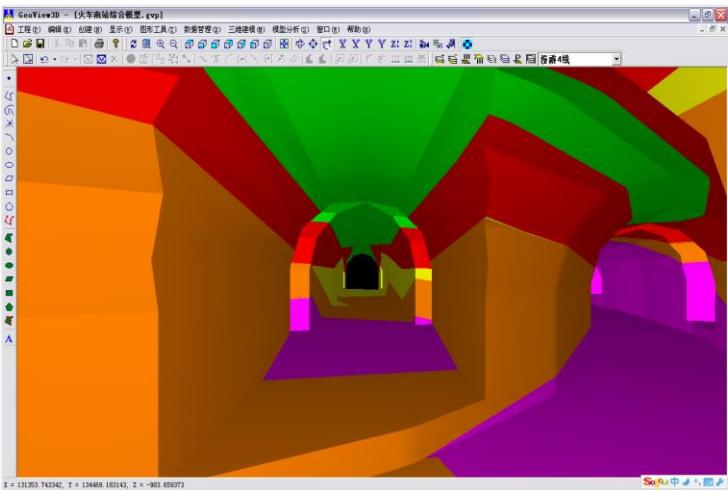


三维对象模型

# ■ 城市空间信息的三维表示模型

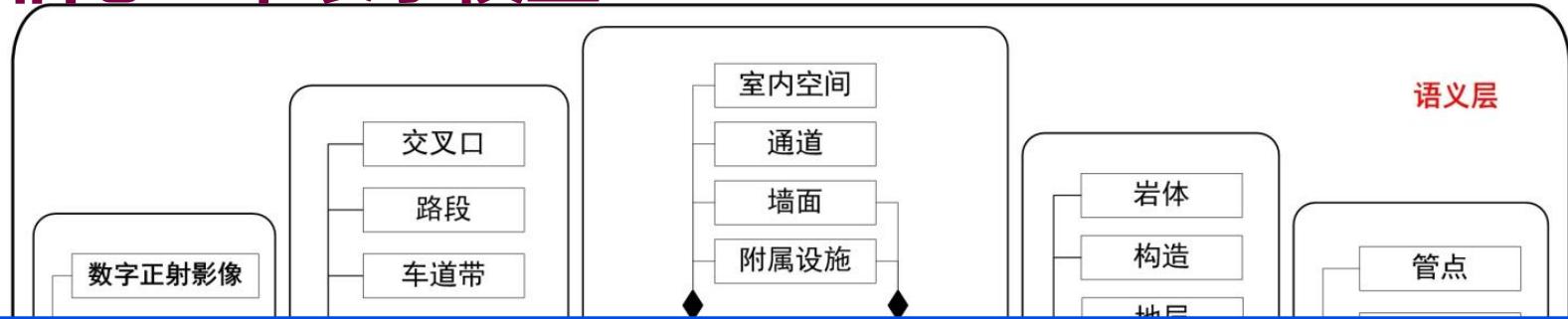
## 城市空间信息三维表示的综合性

- ① 地上与地下、室内与室外目标的集成表示
- ② 几何、拓扑、语义和外观等属性的集成表示
- ③ 几何模型、物理模型与行为模型的集成表示
- ④ 过去、现在与未来的集成表示
- ⑤ 1D+2D+2.5D+3D+4D+xD多尺度集成表示

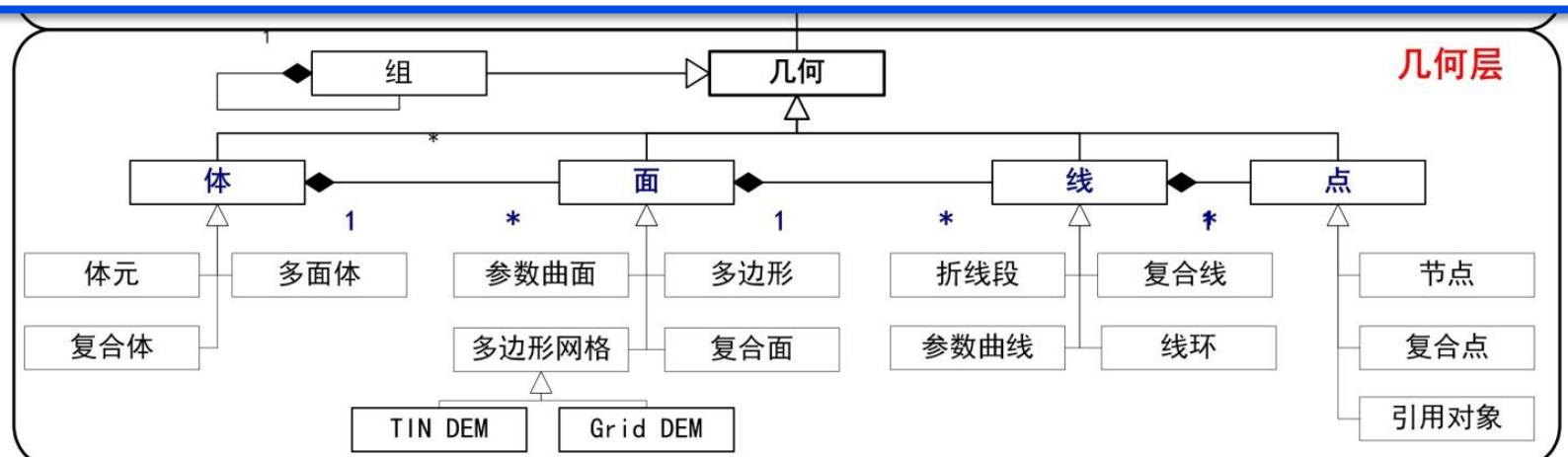


# 城市空间信息三维表示模型

# 统一表示的三维GIS数据模型



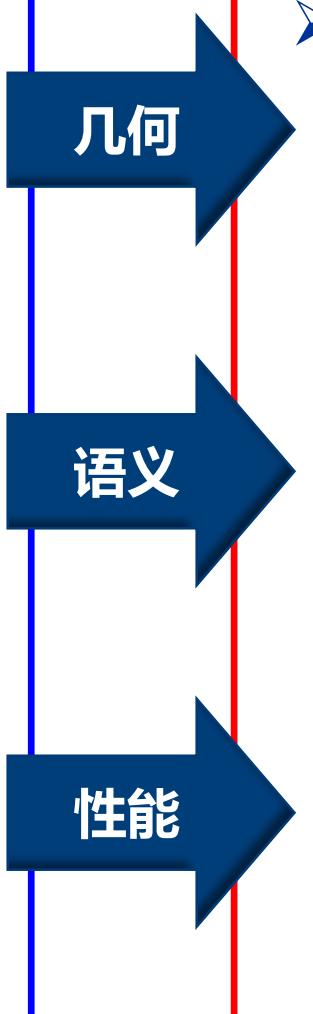
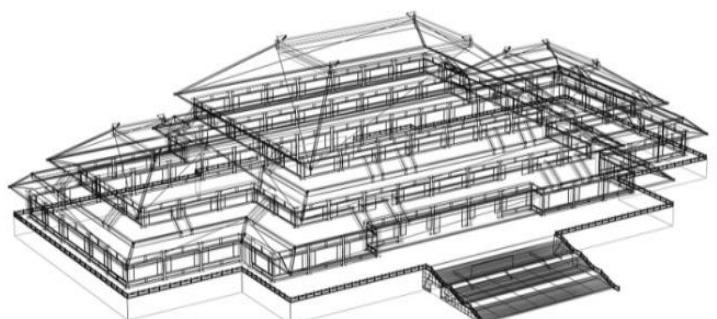
- ① 刻画三维空间实体几何-尺度-语义的特征及其相互关系，解决多粒度对象统一表示的复杂性与高性能难题
- ② 如果不统一，则需要在线进行坐标转换、数据结构转换，不同系统功能难以并行处理、增加绘制状态切换频率，导致不一致.....



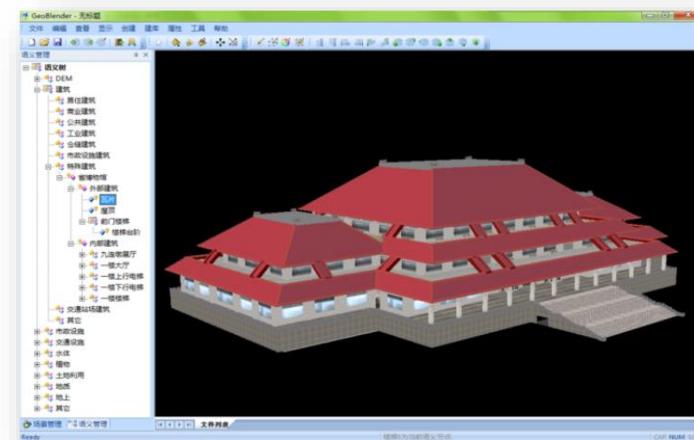
# 城市空间信息的三维表示模型

## 新的模型

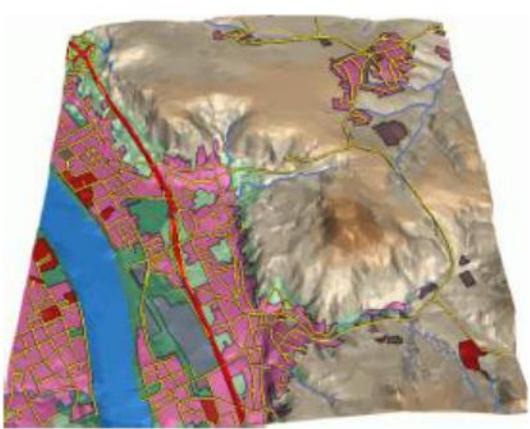
- 地上下室内外独立表示
  - (1) 数据异构
  - (2) 缺乏统一的语义表达
  - (3) 多尺度表达的一致性较差



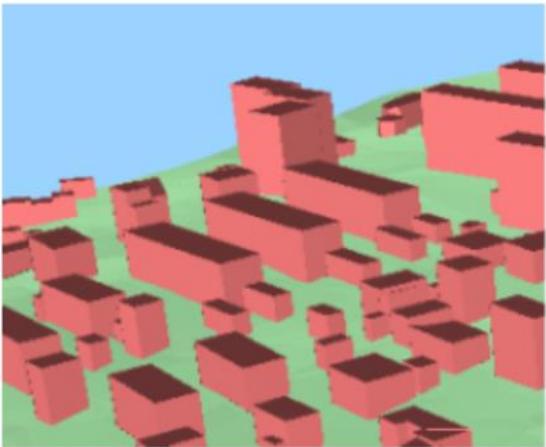
- 地上下室内外目标的几何、拓扑和语义的统一表示
  - (1) 统一的时空基准与数据结构
  - (2) 多层次语义与拓扑关系
  - (3) 几何与纹理多细节层次



# ■ 地球空间信息的三维表示模型



LOD0



LOD1



LOD2



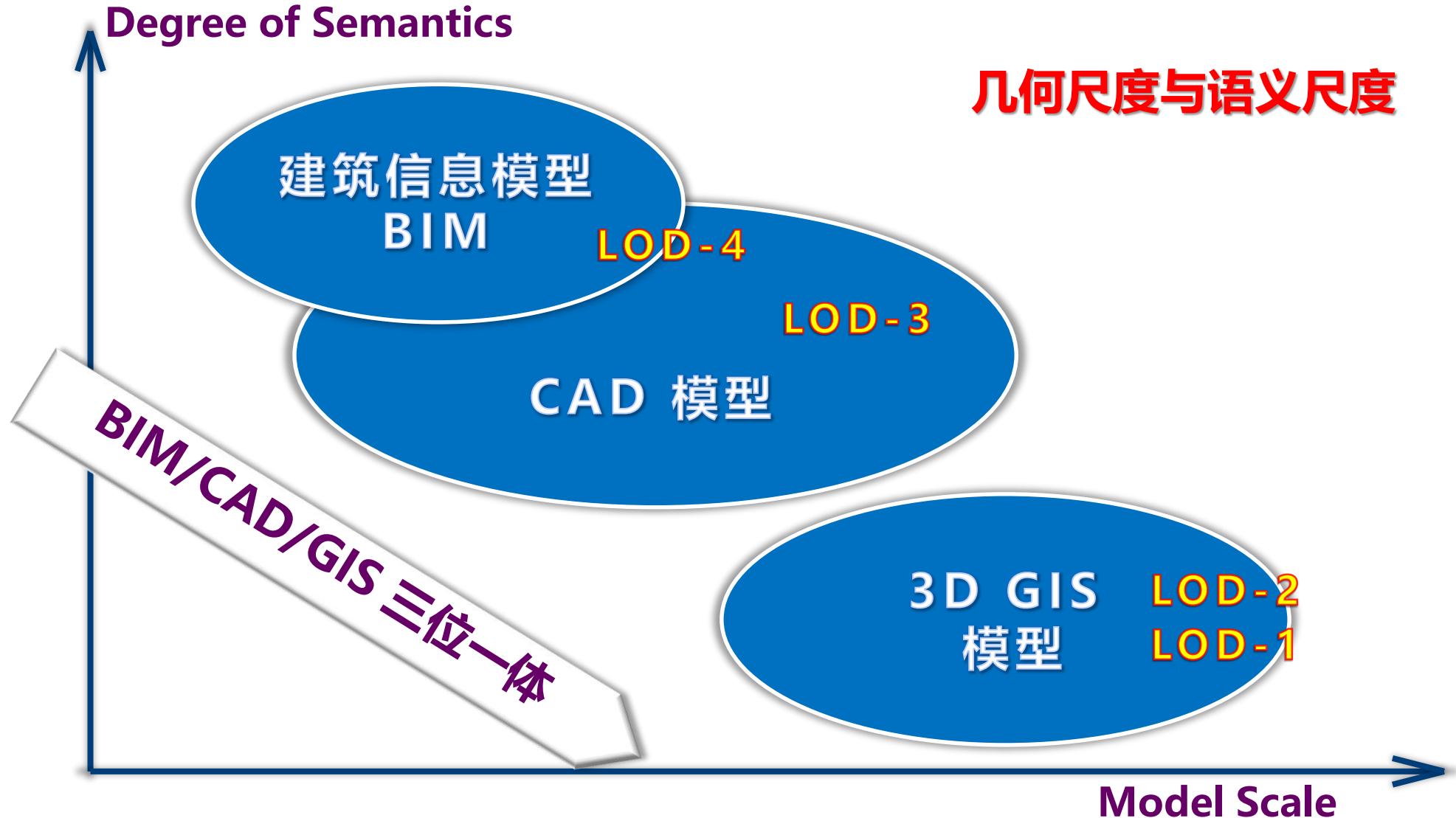
LOD3



LOD4

The five levels of detail (LOD) defined by CityGML (source: IGG Uni Bonn)

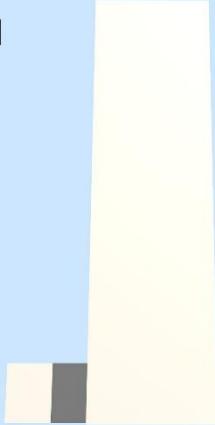
# ■ 城市空间信息的三维表示模型



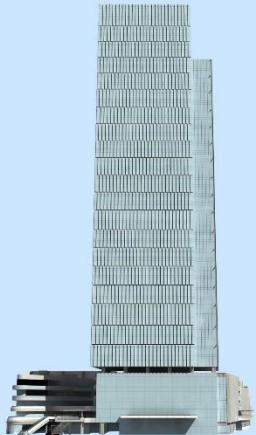
# ■ 城市空间信息的三维表示模型

## 建筑物模型精细度LOD分级

LOD1



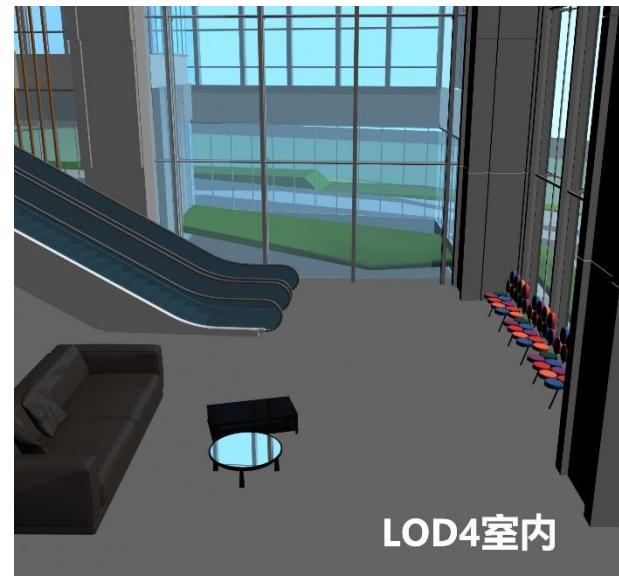
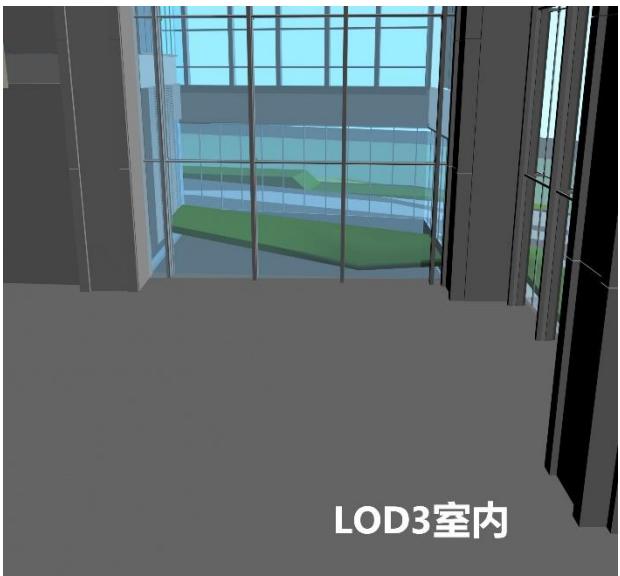
LOD2



LOD3

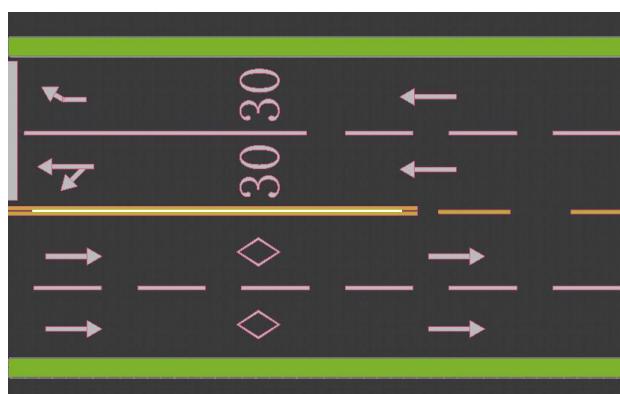
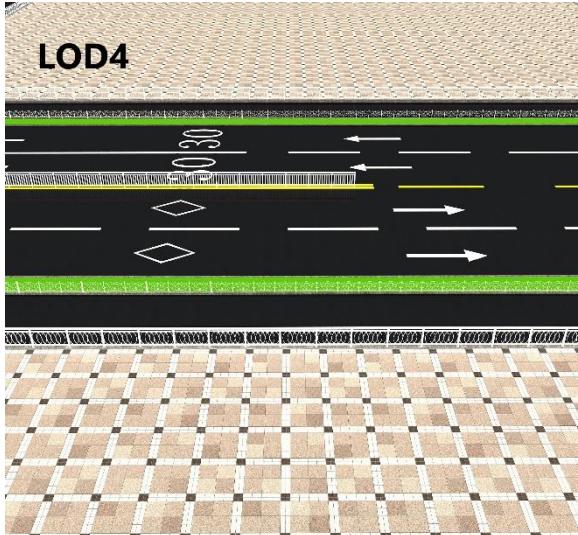
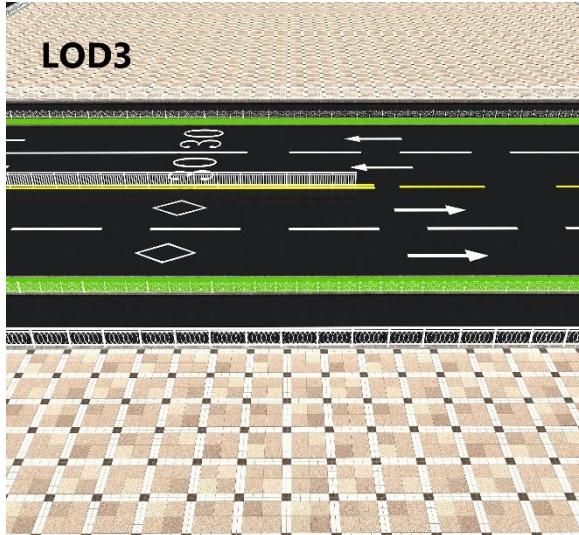
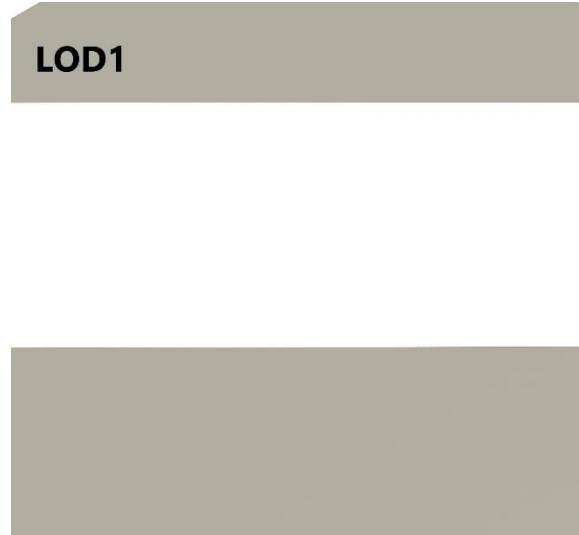


LOD4

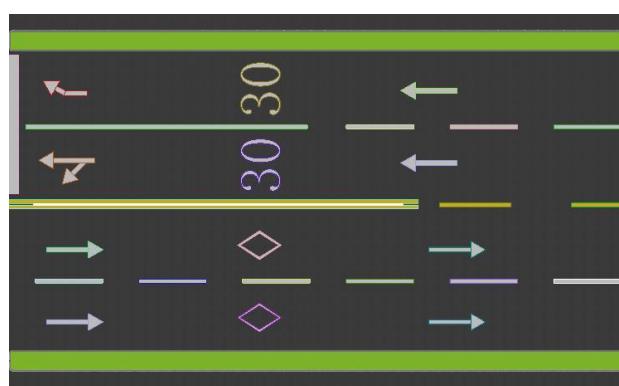


# ■ 城市空间信息的三维表示模型

## 交通模型精细度LOD分级



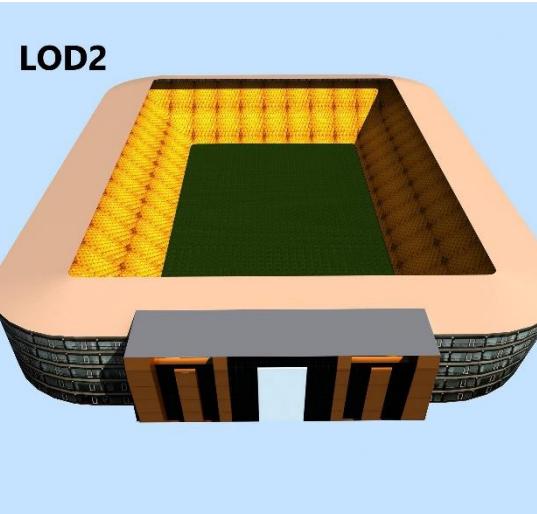
车道不分级



车道分级

# ■ 城市空间信息的三维表示模型

## 场地模型精细度LOD分级



# ■ 城市空间信息的三维表示模型

## 植被模型精细度LOD分级



LOD2

模型库模型

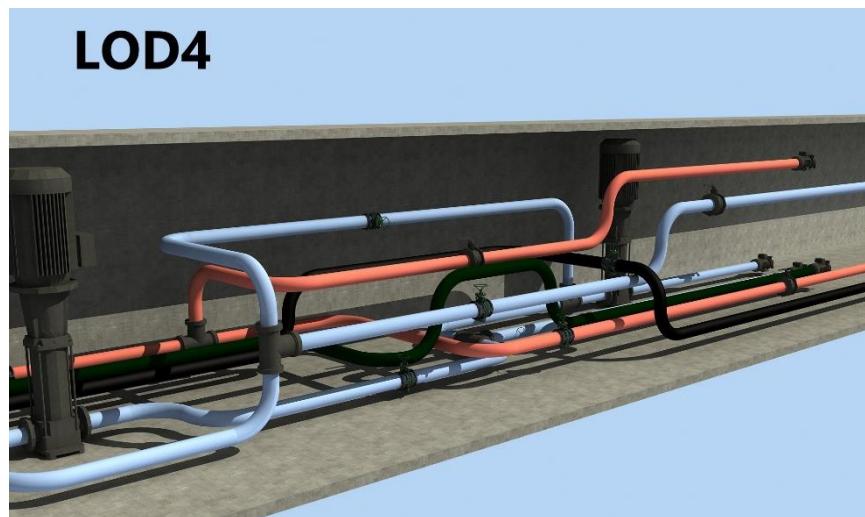
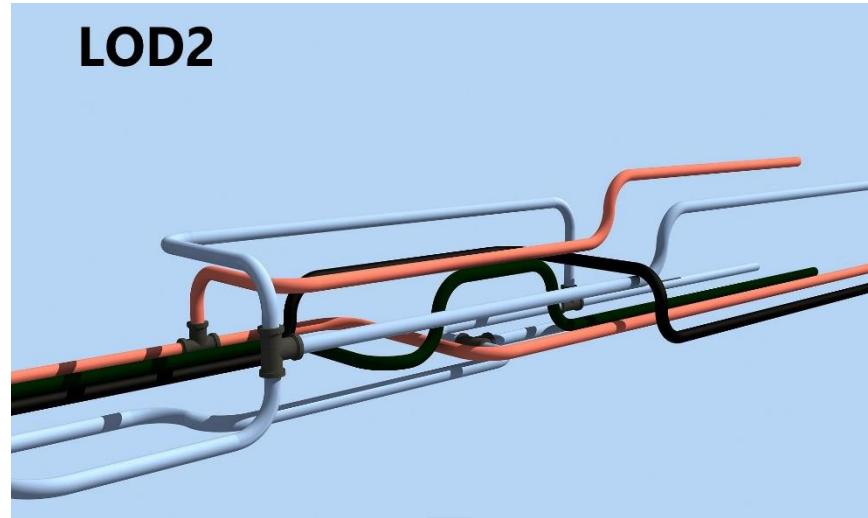
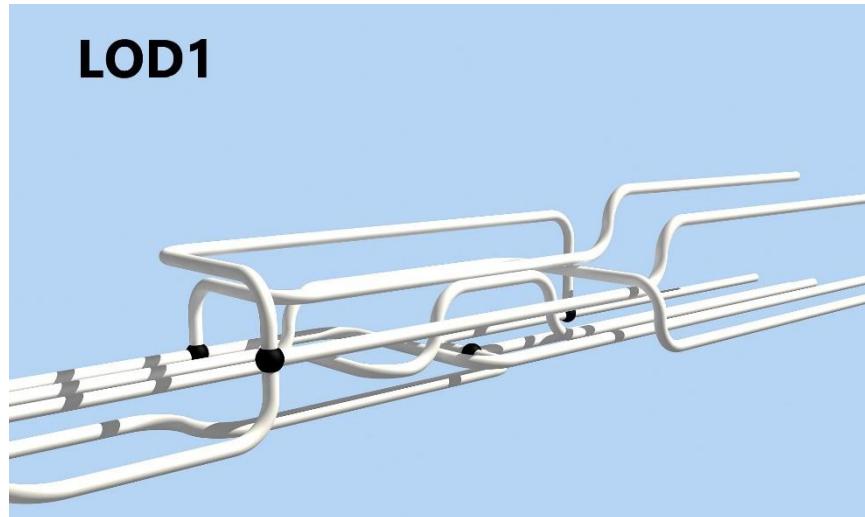


LOD3

实景建模

# 城市空间信息的三维表示模型

## 管线模型精细度LOD分级



# 多手段的三维空间数据获取与建模

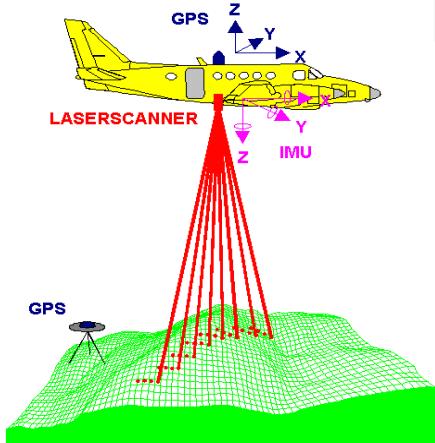


从遥感影像重建的  
三维城市模型



基于图像的建模与绘制

Image based



Point cloud based



激光扫描数据与影像数据的融合



CAD/BIM 与 GIS的集成

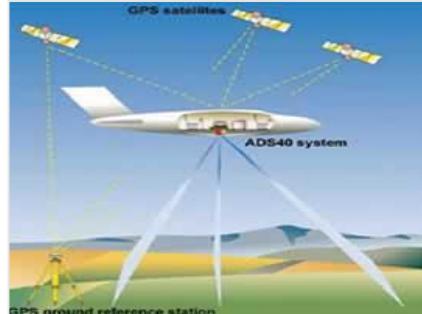
# 多手段的三维空间数据获取与建模

## 对现实世界的多维动态感知

多平台



航天



航空



无人机



车载

多传感器



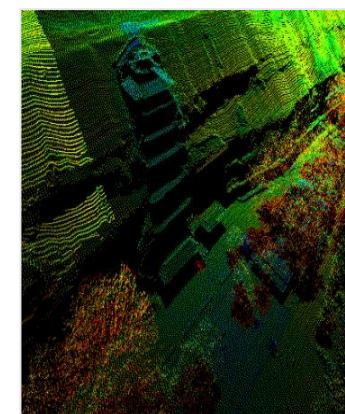
高光谱



高分辨率



雷达



LIDAR



个人

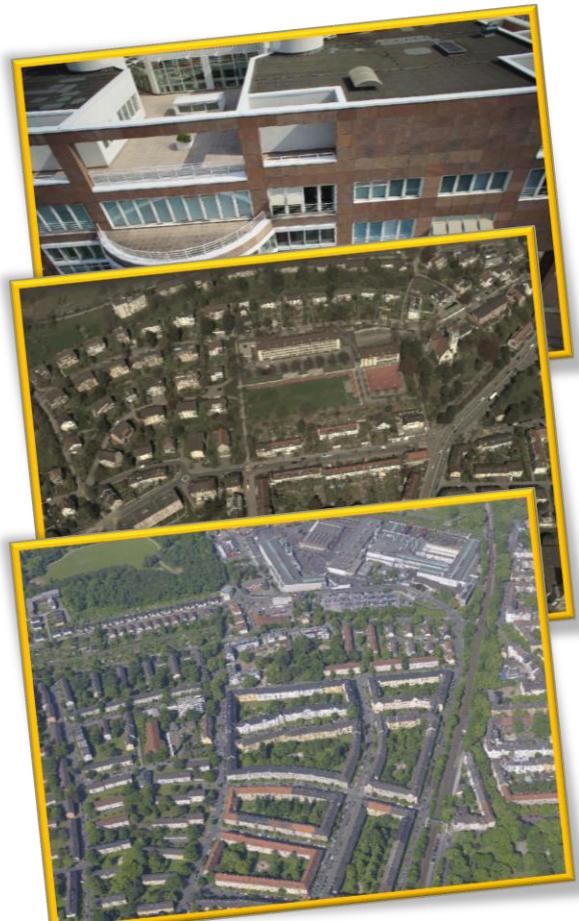
# ■ 多手段的三维空间数据获取与建模-倾斜摄影测量



# ■ 多手段的三维空间数据获取与建模-倾斜摄影测量

倾斜摄影测量的三维重建具有**全自动、可量测、高精度、高真实感**等优势，倾斜影像商业处理软件可提供从倾斜影像到LOD0级三维产品全自动生产的工艺流程

倾斜影像

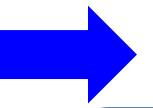


acute3D  
capturing reality

**PIX4D**  
*simply powerful*



  
PhotoScan  
3D Modeling and Mapping



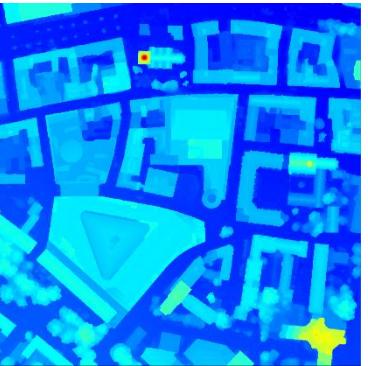
空三平差  
(SFM)

- 特征匹配
- 平差

多视影像匹配  
(MVS)

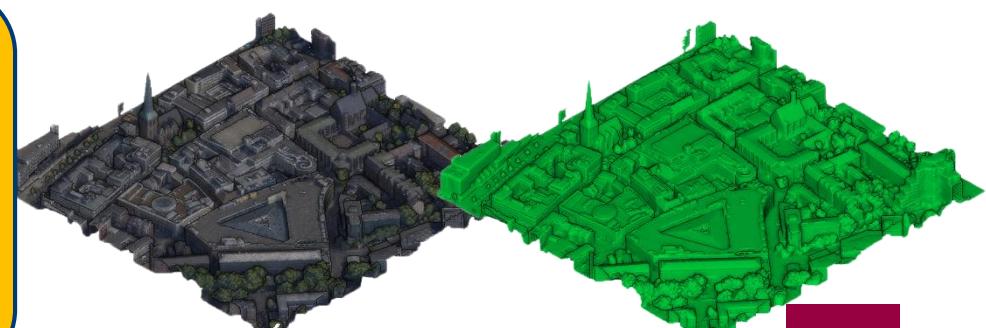
- 密集匹配
- 表面重建

LOD0级三维产品



DSM

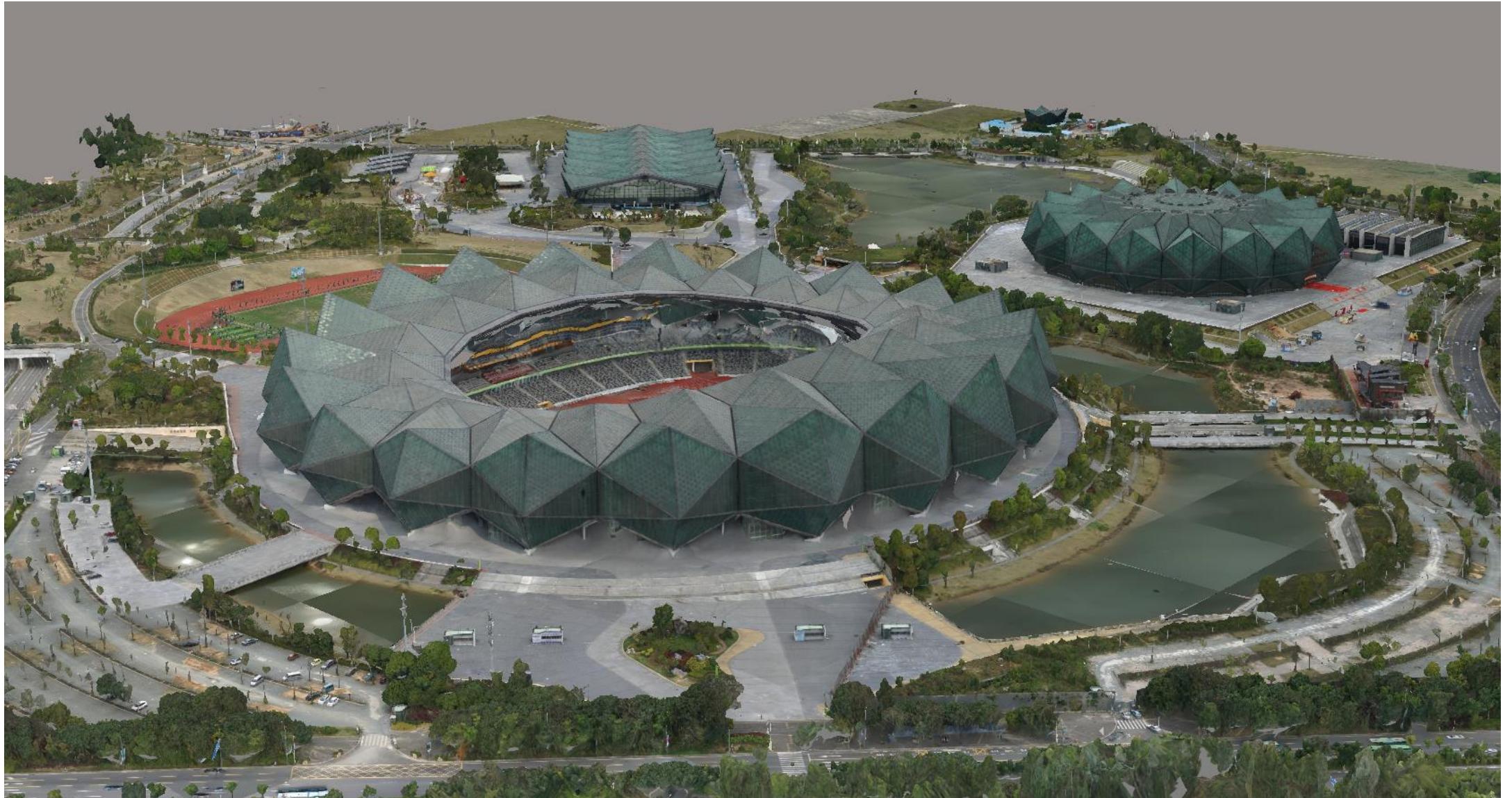
DOM



点云

三角网模型

# 多手段的三维空间数据获取与建模-倾斜摄影测量



龙岗大运体育馆无人机倾斜摄影真三维模型数据 (2cm)

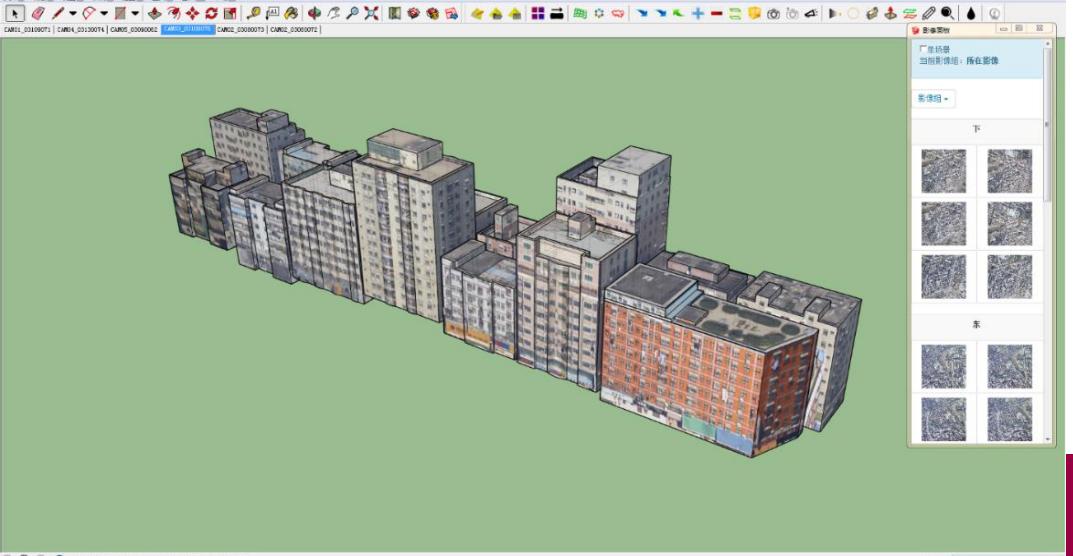
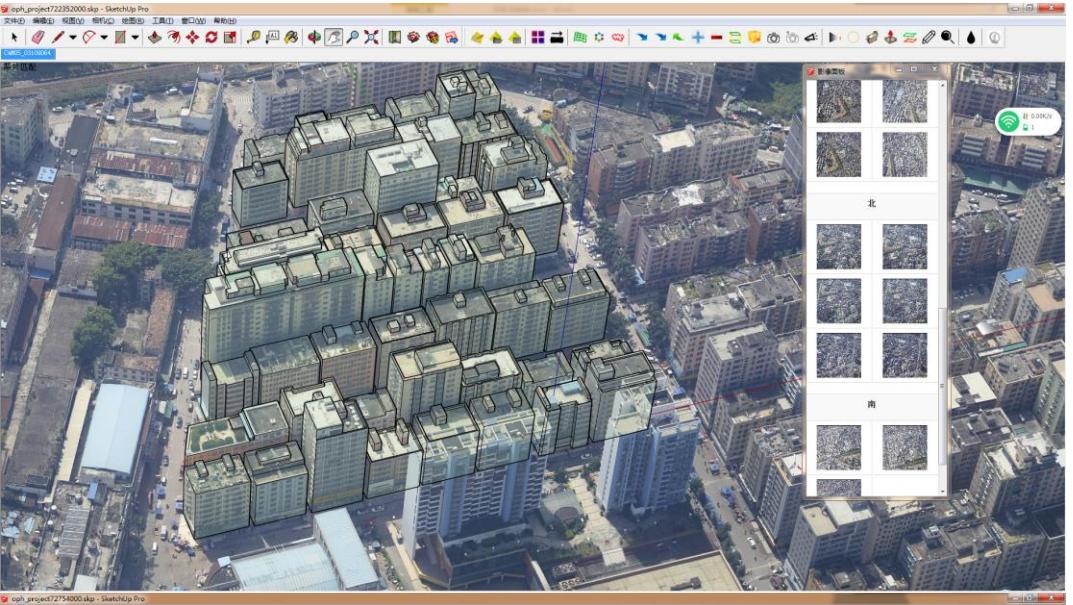
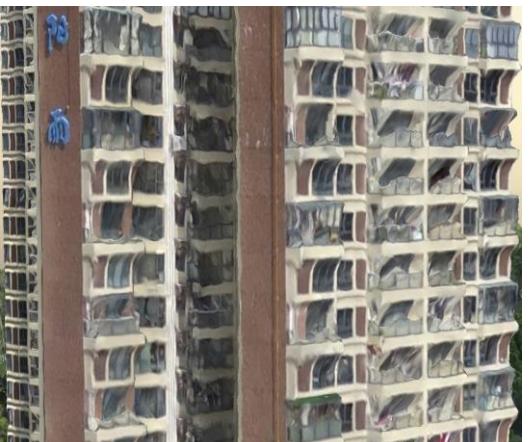
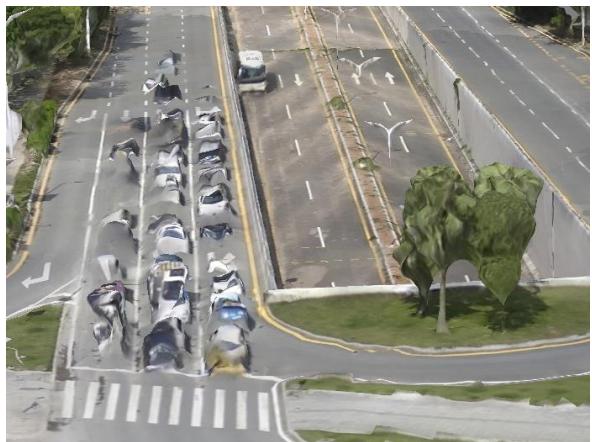
# 多手段的三维空间数据获取与建模-倾斜摄影测量



前海无人机倾斜摄影真三维模型数据 (5cm)

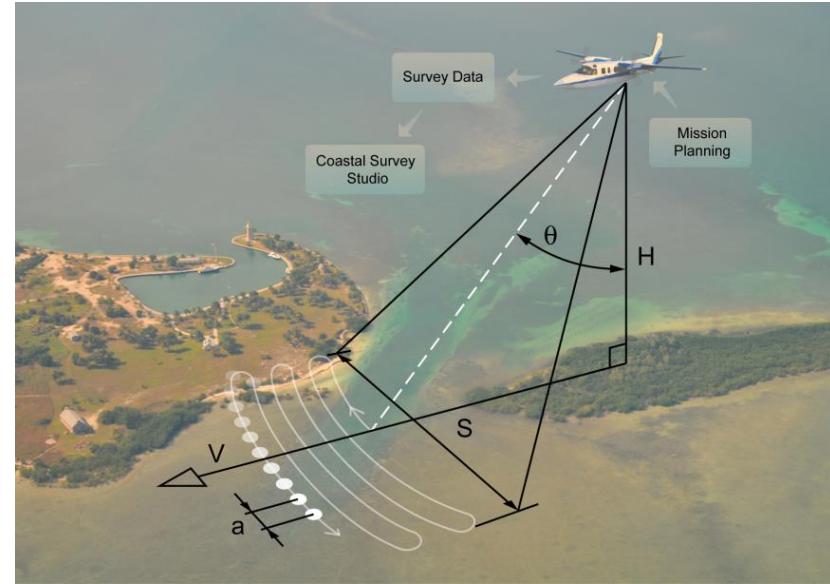
# 多手段的三维空间数据获取与建模-倾斜摄影测量

## 建筑物三角网模型修复与单体化建模

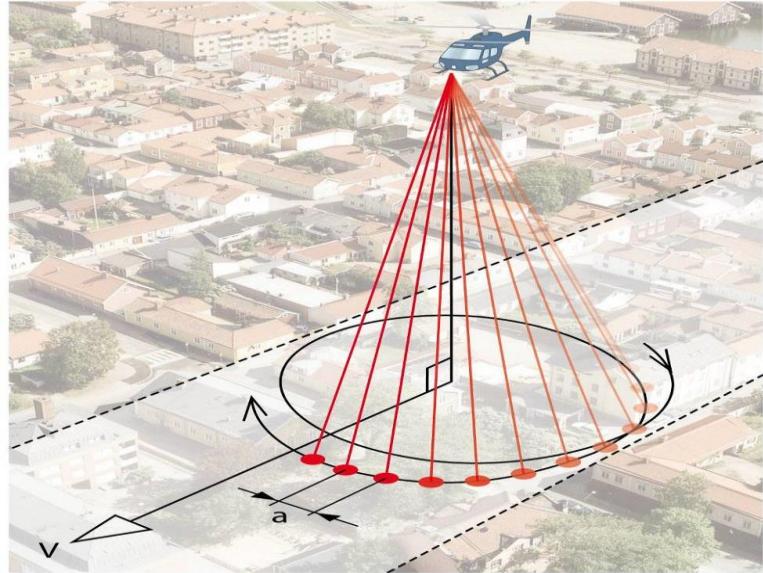


# 多手段的三维空间数据获取与建模-激光雷达扫描

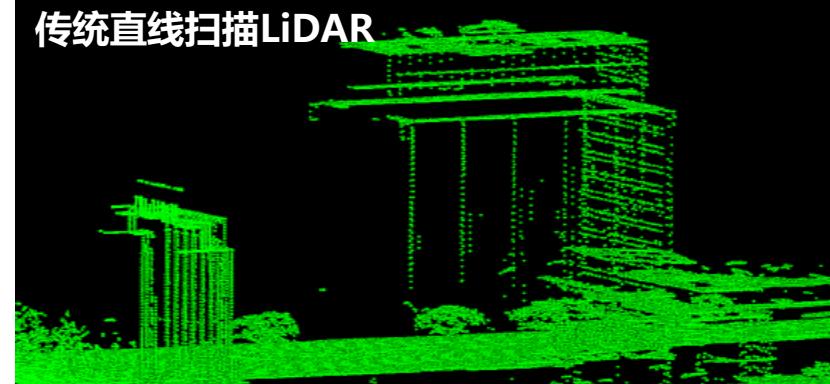
- 传统直线/弧线形扫描



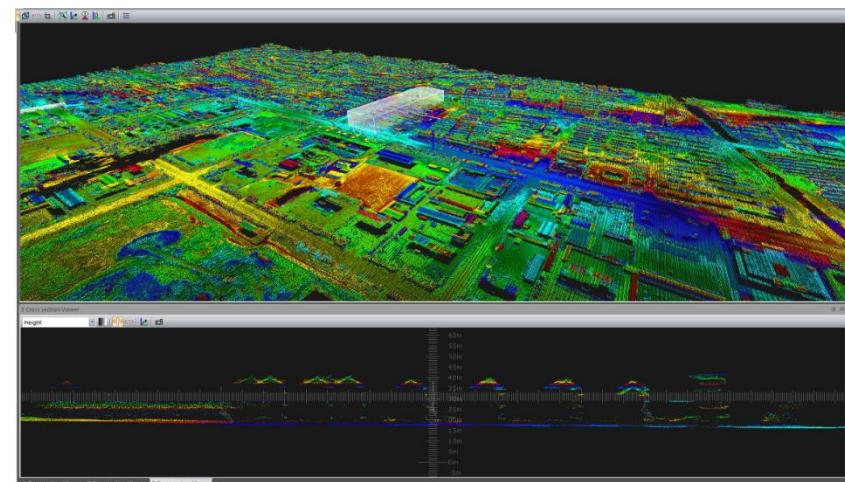
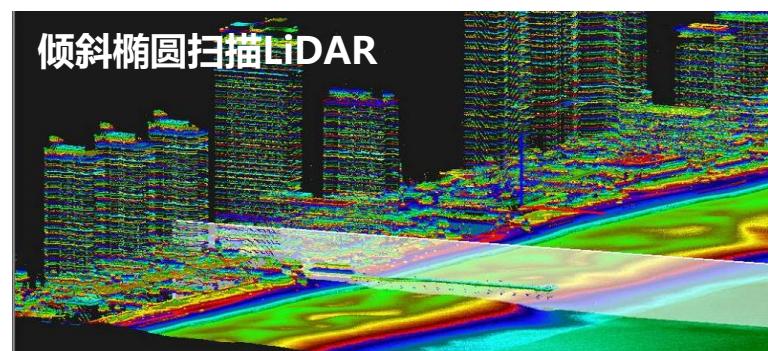
- AHAB椭圆形倾斜扫描



传统直线扫描LiDAR



倾斜椭圆扫描LiDAR

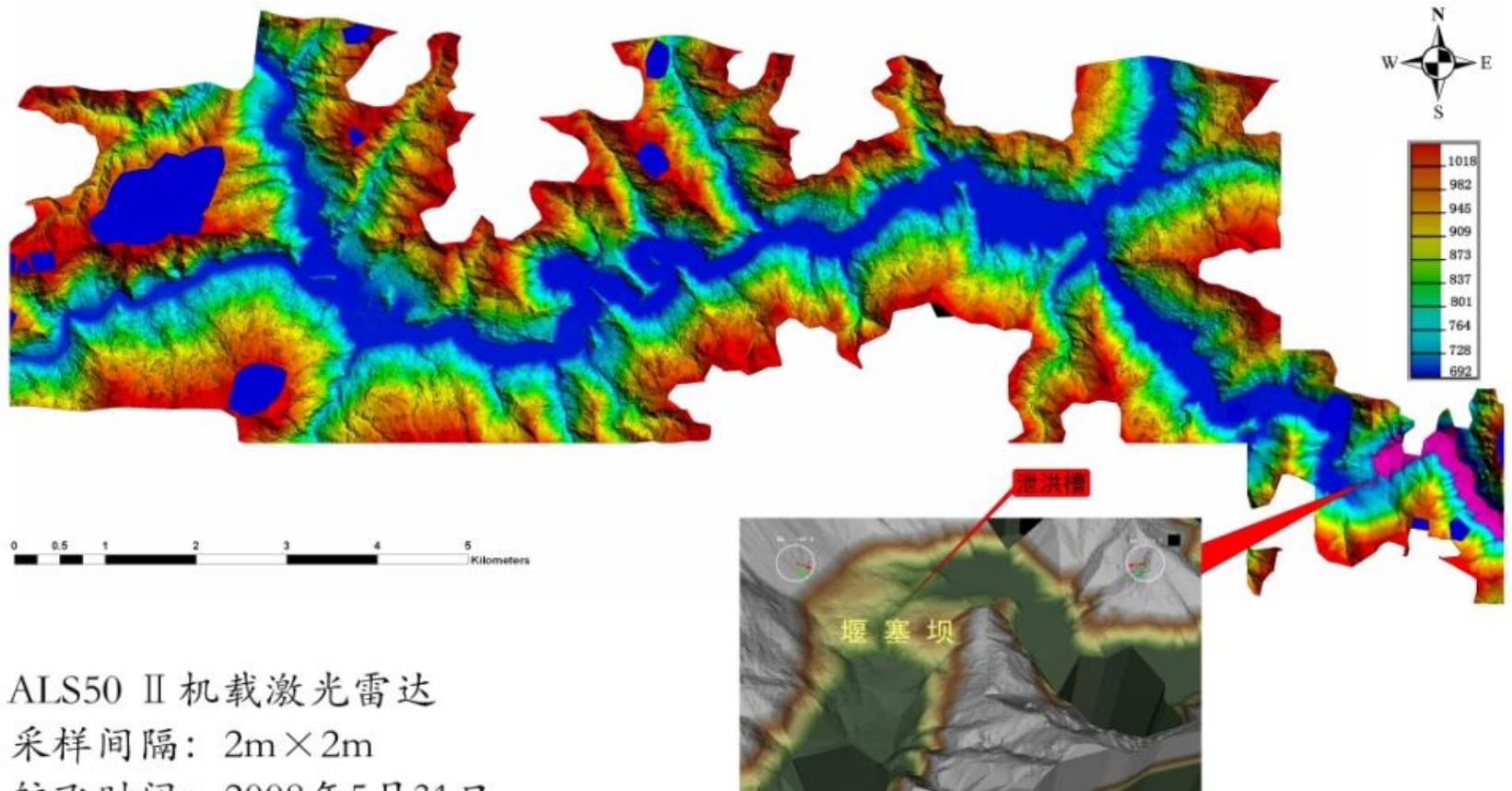


# 多手段的三维空间数据获取与建模-激光雷达扫描



# ■ 多手段的三维空间数据获取与建模-激光雷达扫描

汶川地震唐家山堰塞湖三维晕渲地形图 (DEM)

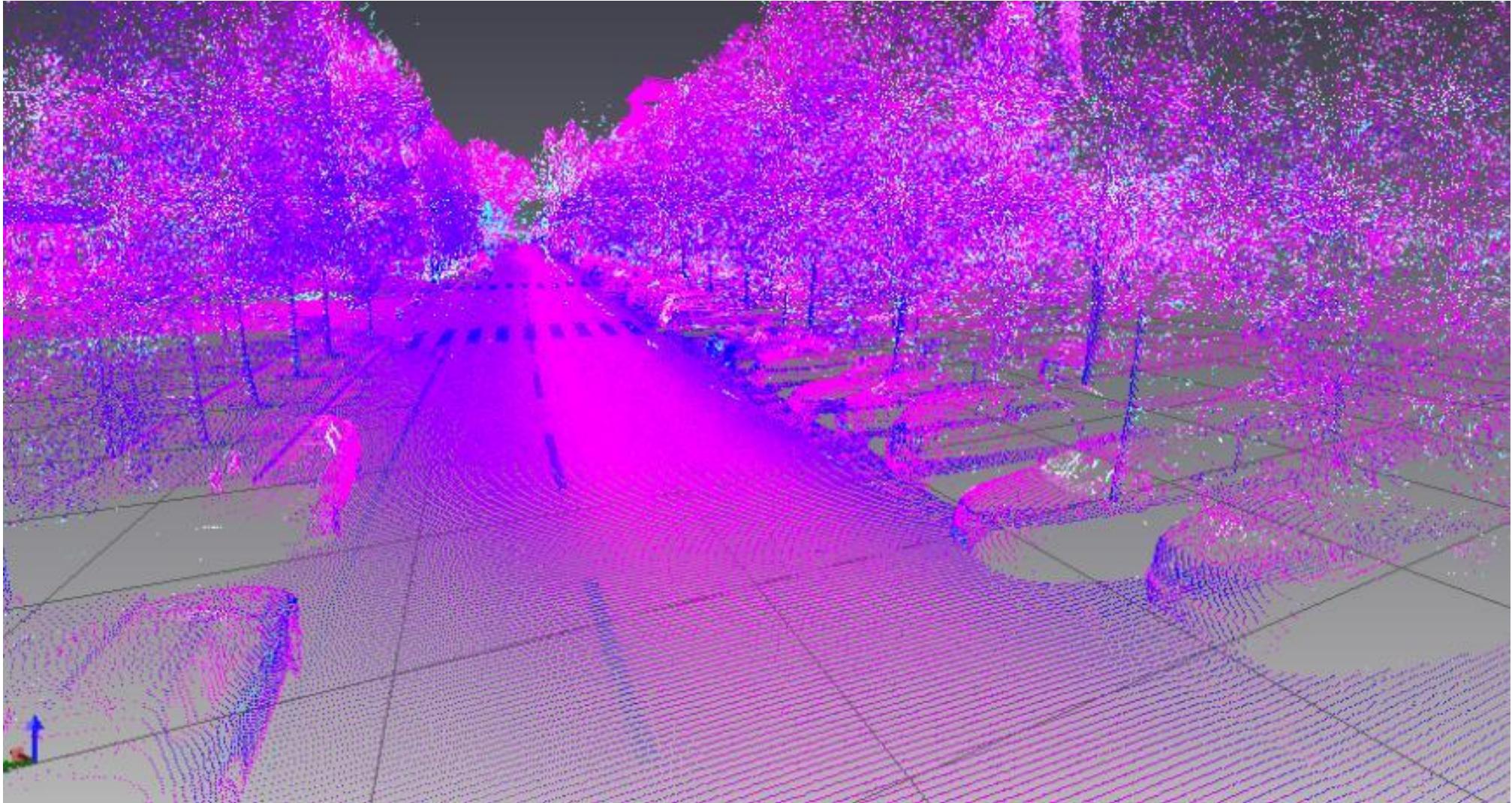


国家测绘局、武汉大学、武大吉奥飞行制作

# 多手段的三维空间数据获取与建模-地面移动测量系统

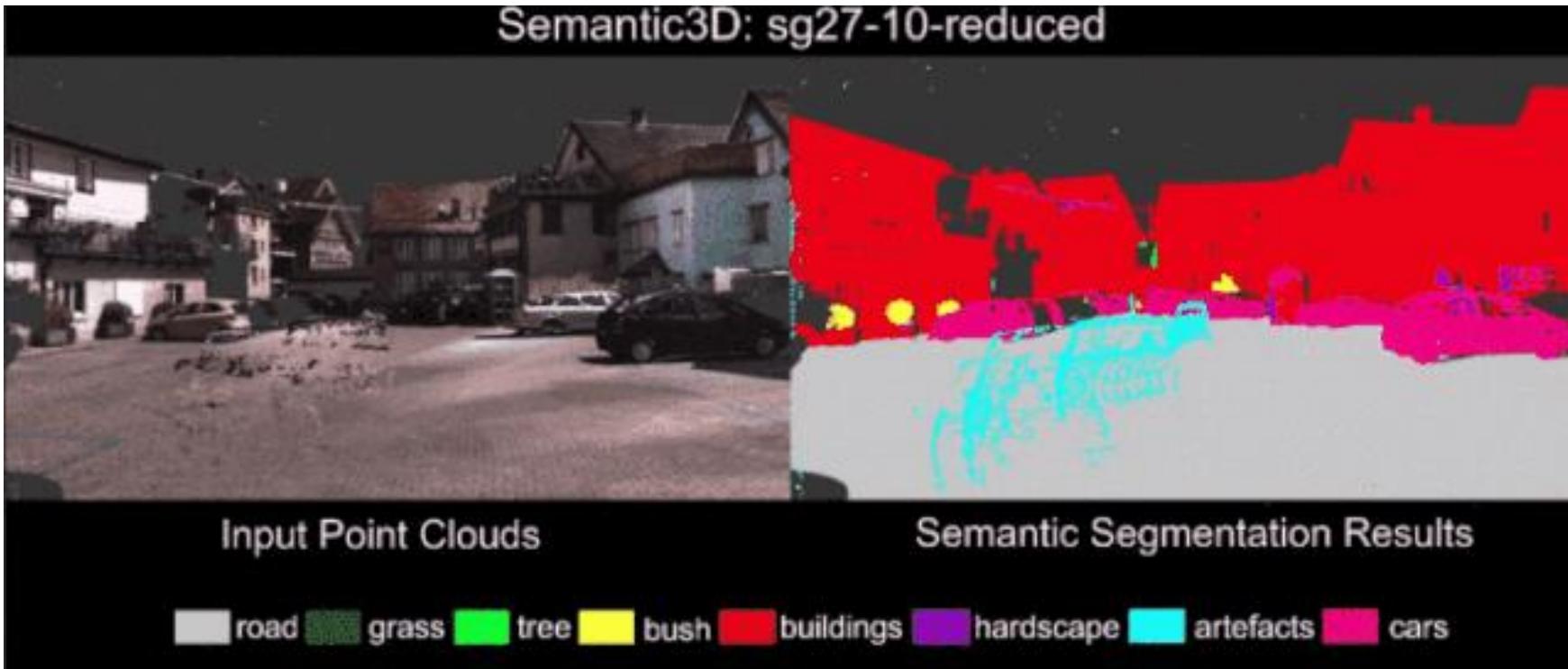


# ■ 多手段的三维空间数据获取与建模-移动测量系统

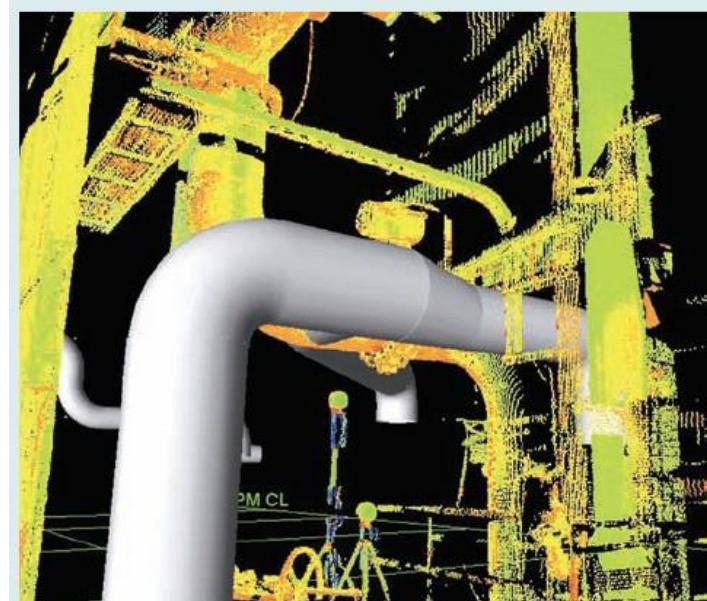


# ■ 多手段的三维空间数据获取与建模-移动测量系统

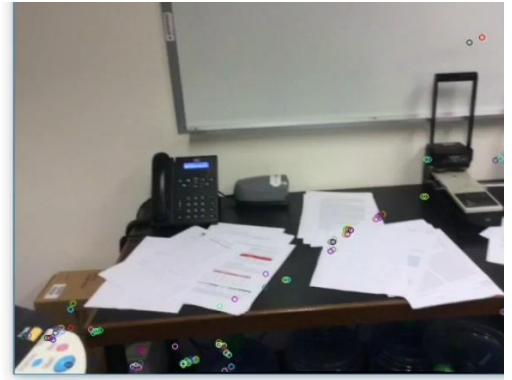
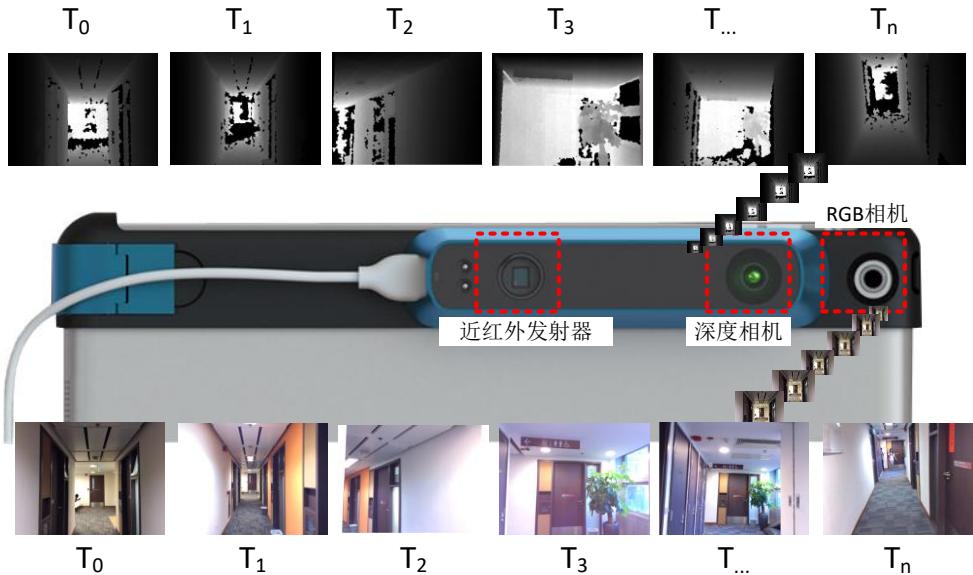
实现高效、准确的大场景三维点云语义分割是当前三维场景理解、环境智能感知的关键问题之一。



# ■ 多手段的三维空间数据获取与建模-室内近距离激光扫描



# ■ 多手段的三维空间数据获取与建模-室内近距离激光扫描



## 优势:

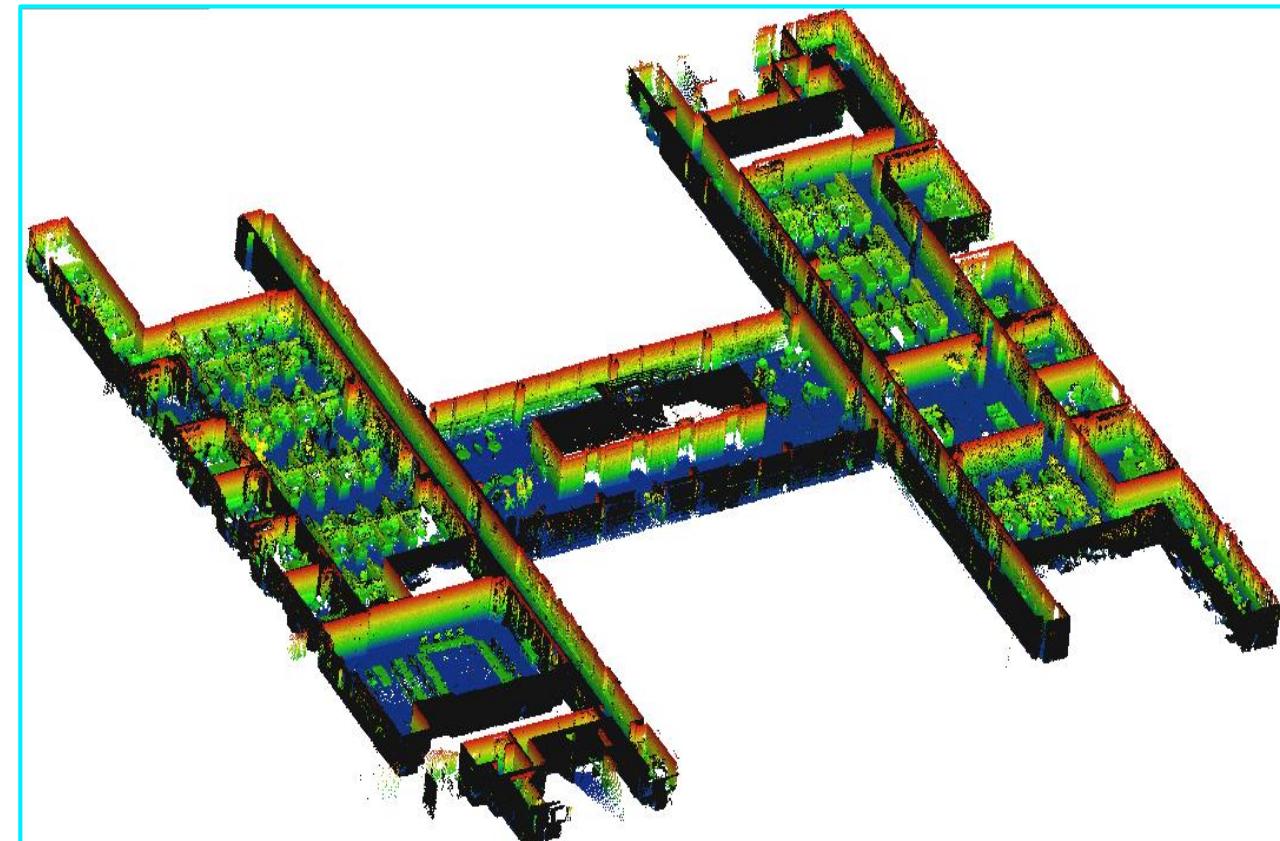
- ✓ 建模效率高 (可采用分布式处理方式)
- ✓ 低成本 (可批量组装)
- ✓ 便携 (可搭载无人机、手持、推车、背包)

## 劣势:

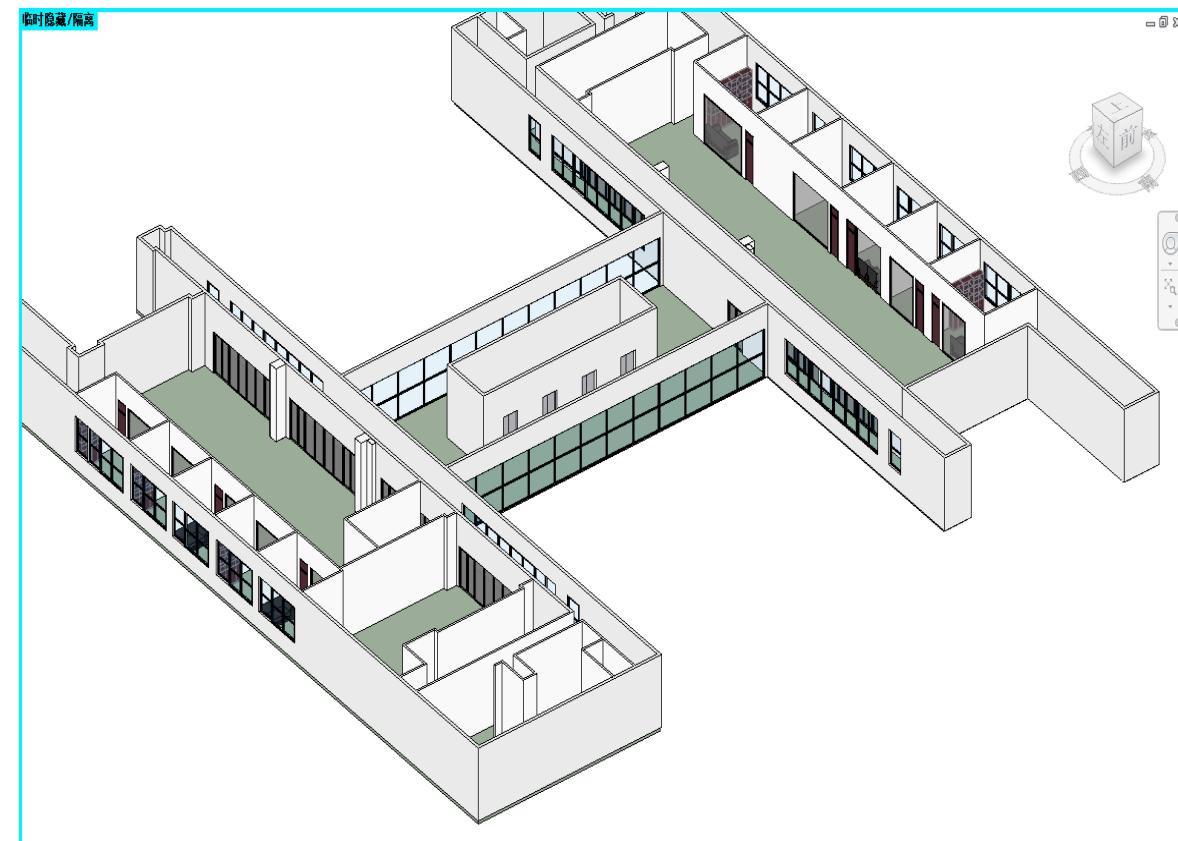
量测距离受限 (<10m)

# ■ 多手段的三维空间数据获取与建模-室内近距离激光扫描

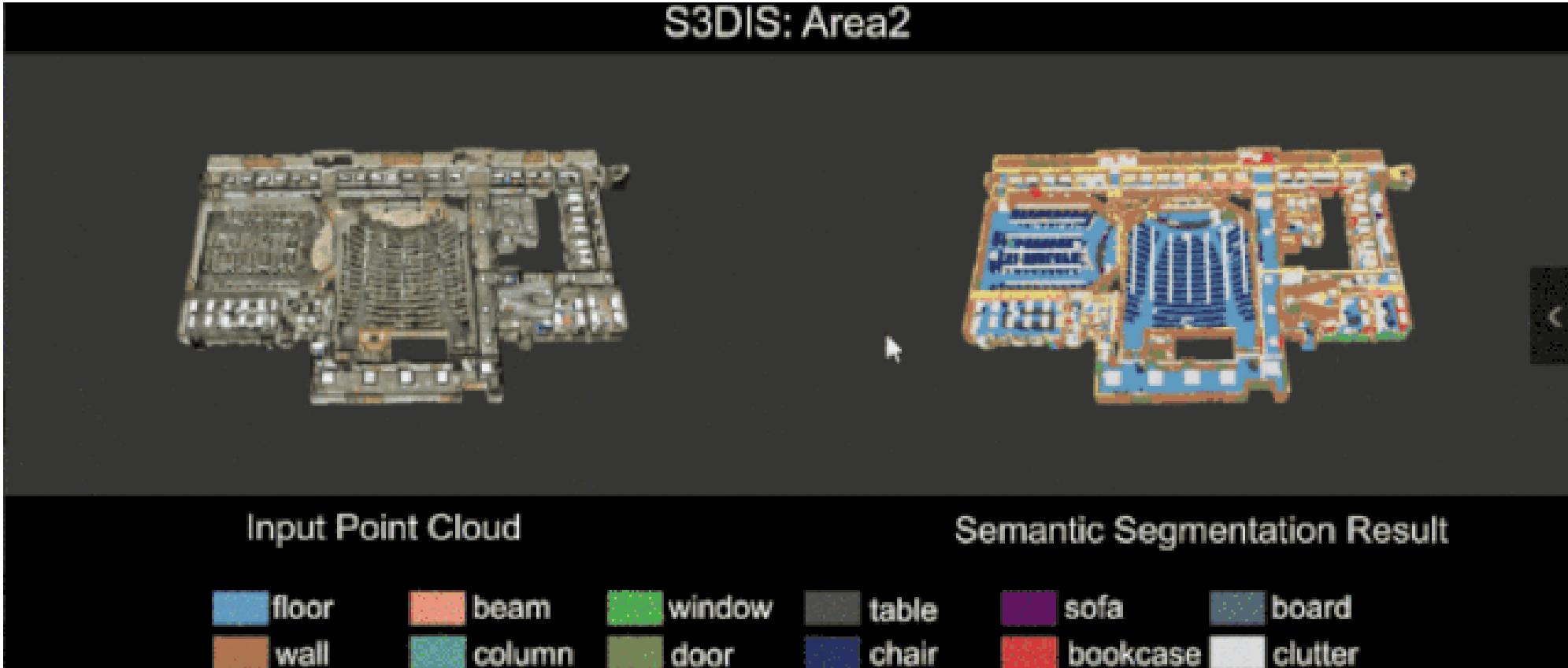
室内三维激光点云



室内三维重建



# ■ 多手段的三维空间数据获取与建模-室内建筑部件提取

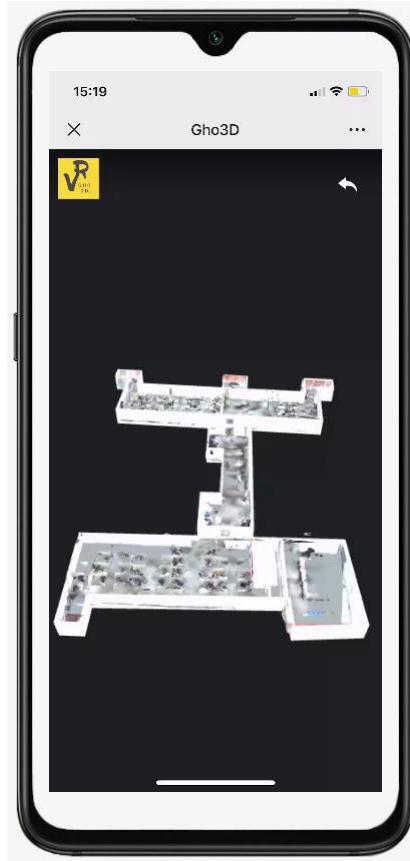


# 多手段的三维空间数据获取与建模-沉浸式漫游

3D实景  
沉浸式空间漫游



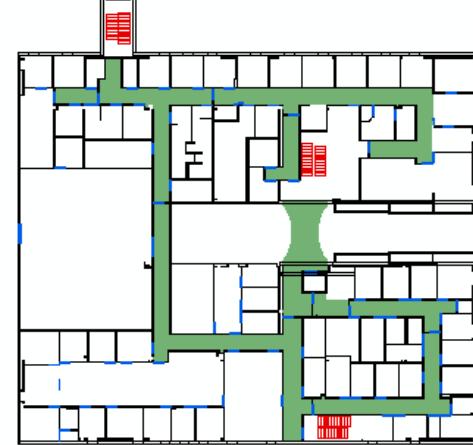
扫码看案例



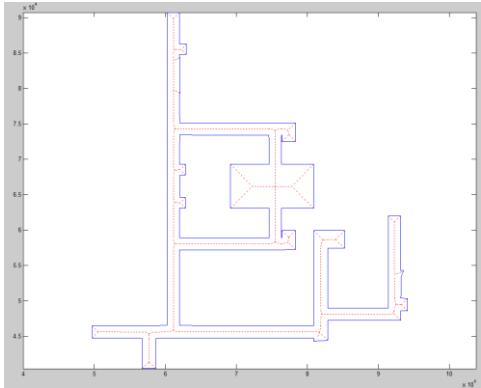
# ■ 多手段的三维空间数据获取与建模-室内拓扑结构重建



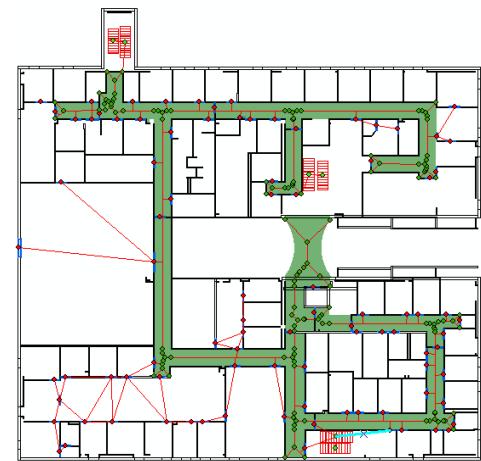
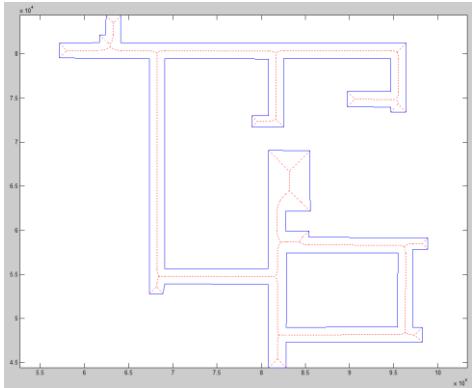
First Floor



Second Floor



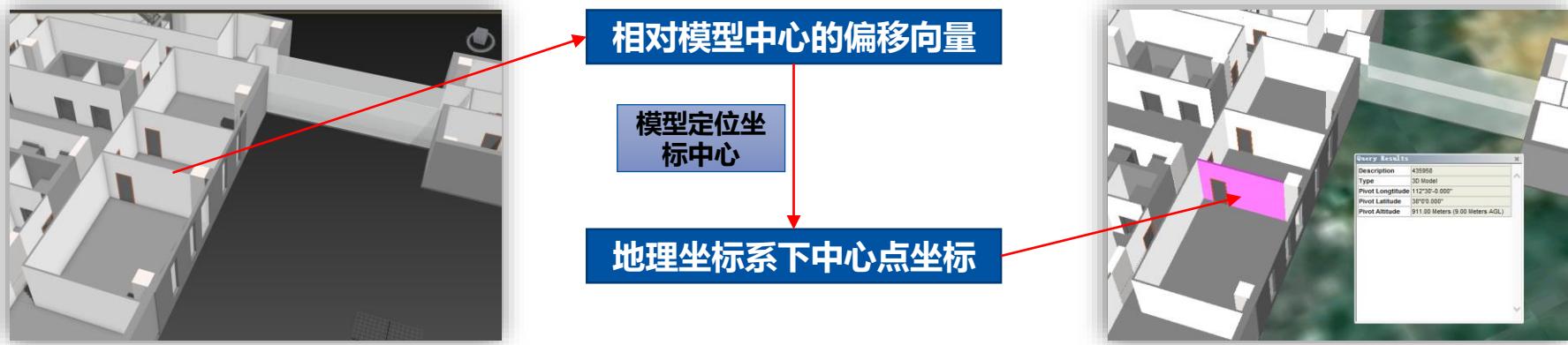
First Floor



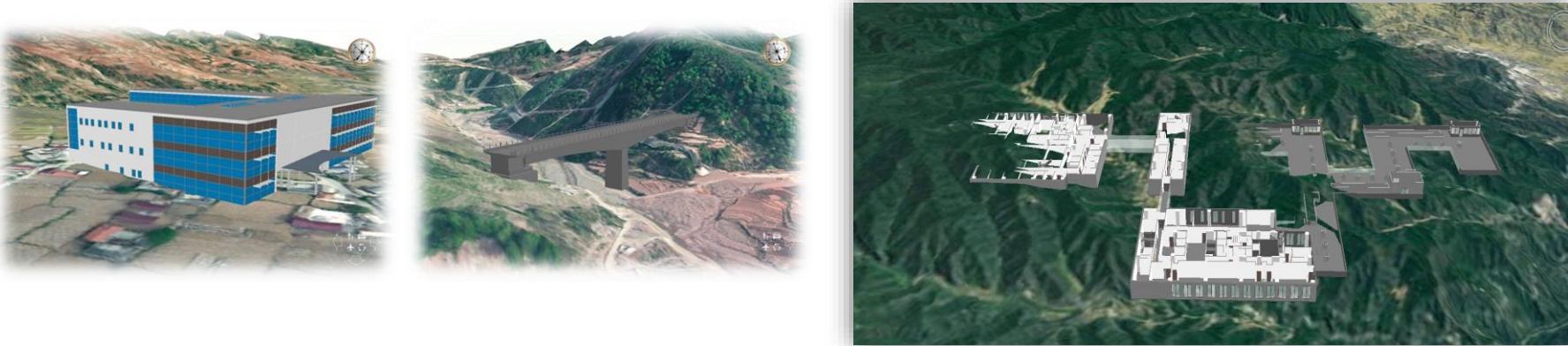
Second Floor

# ■ 多手段的三维空间数据获取与建模-BIM与GIS集成

BIM模型一般采用相对的独立坐标系，整合到统一的地理坐标系



处理地形覆盖与模型悬空问题

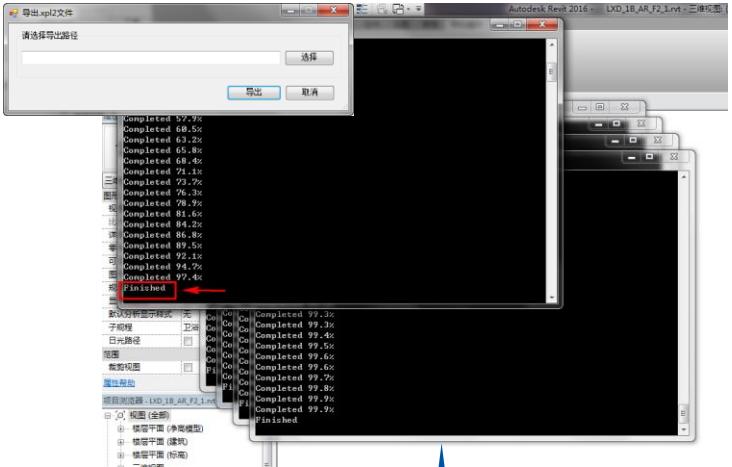


# 多手段的三维空间数据获取与建模-BIM与GIS集成

## BIM与GIS集成的城市三维场景构建



原始BIM模型  
格式转换



进一步生成  
GIS通用数据格式

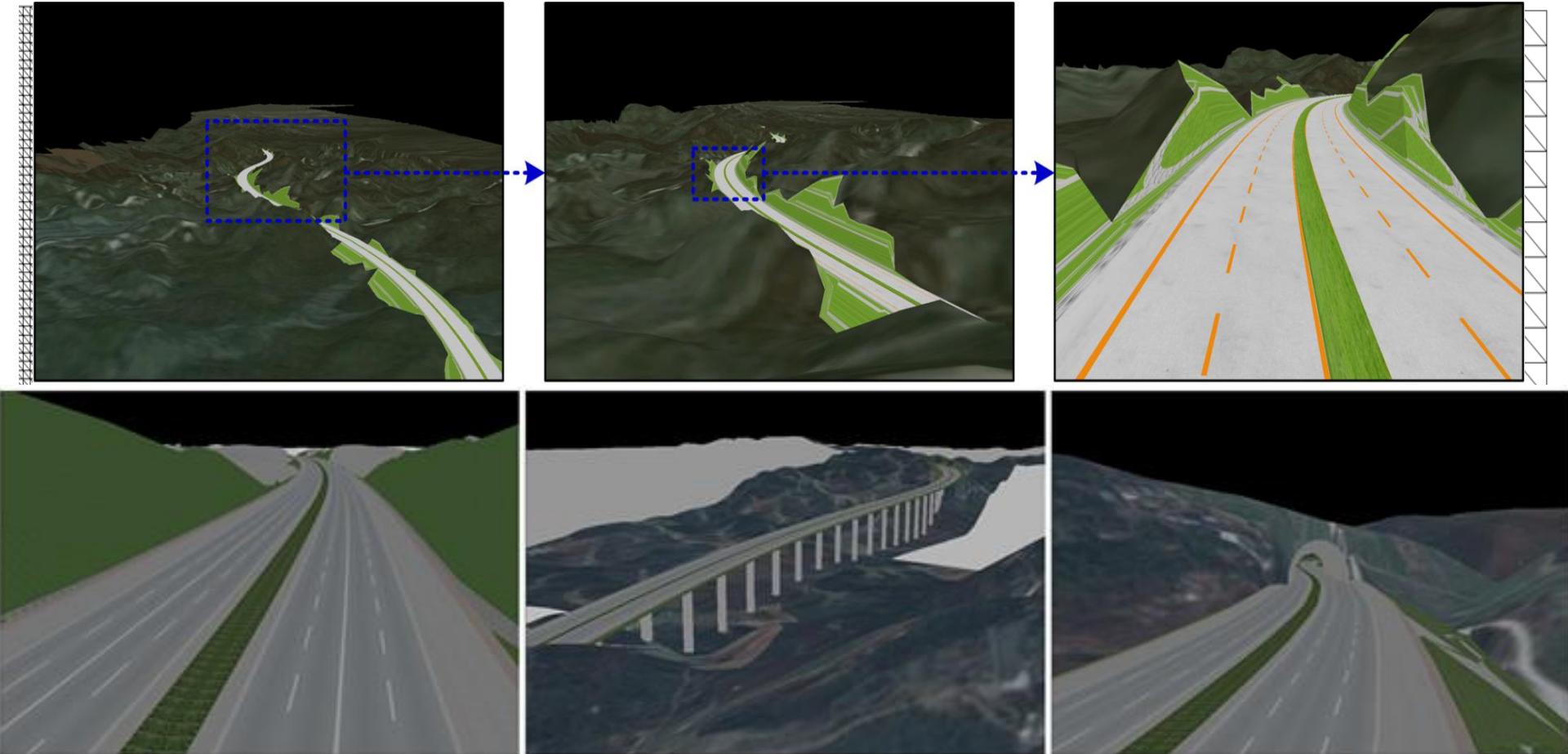


与三维GIS场景  
集成融合



# ■ 多手段的三维空间数据获取与建模-BIM与GIS集成

## 地面模型与地物模型无缝套合的多尺度表示



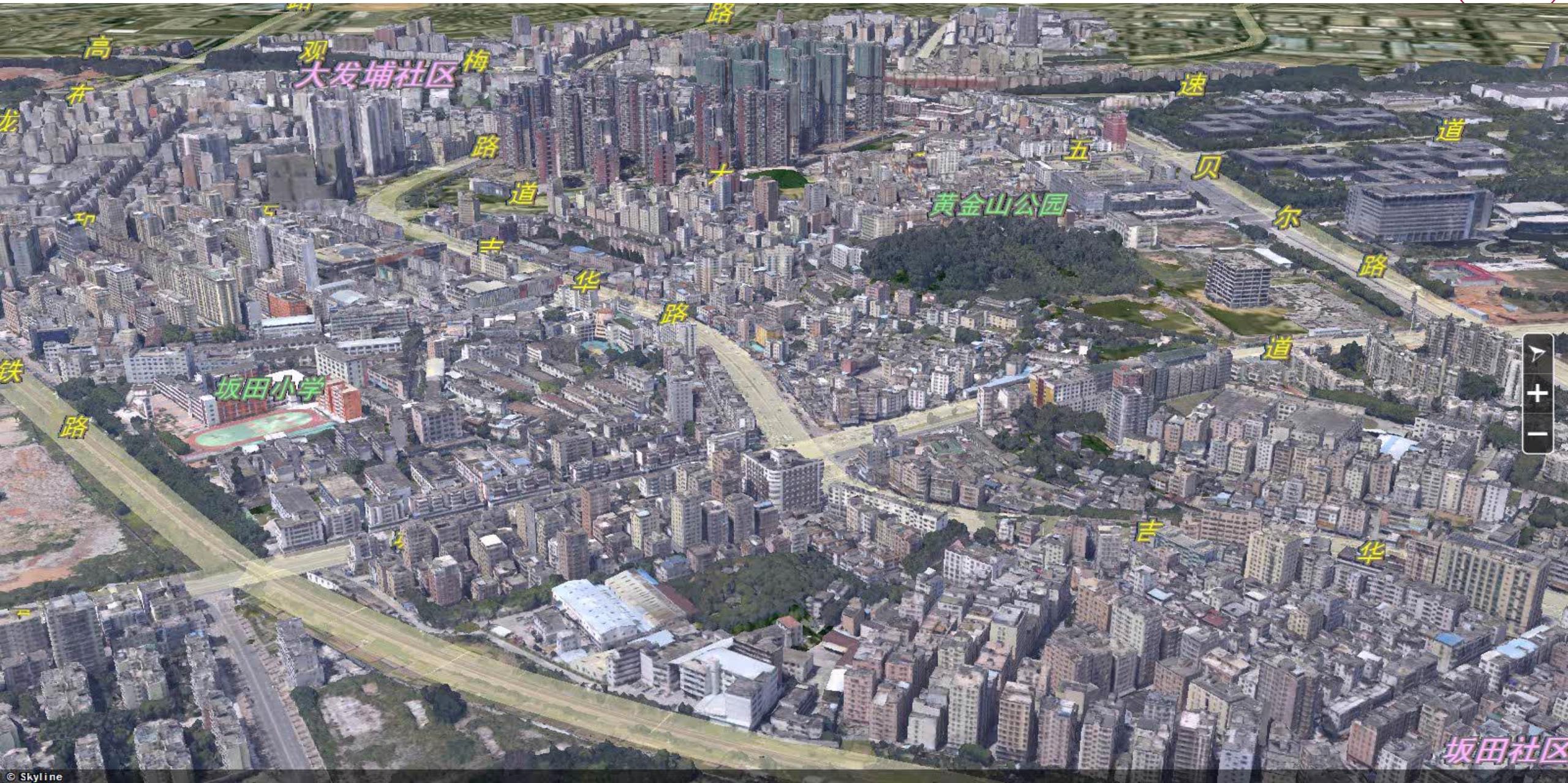
# CONTENTS

## 目录

### 04 城市空间三维可视化与仿真技术

# 城市空间三维可视化与仿真

## 实景三维场景可视化



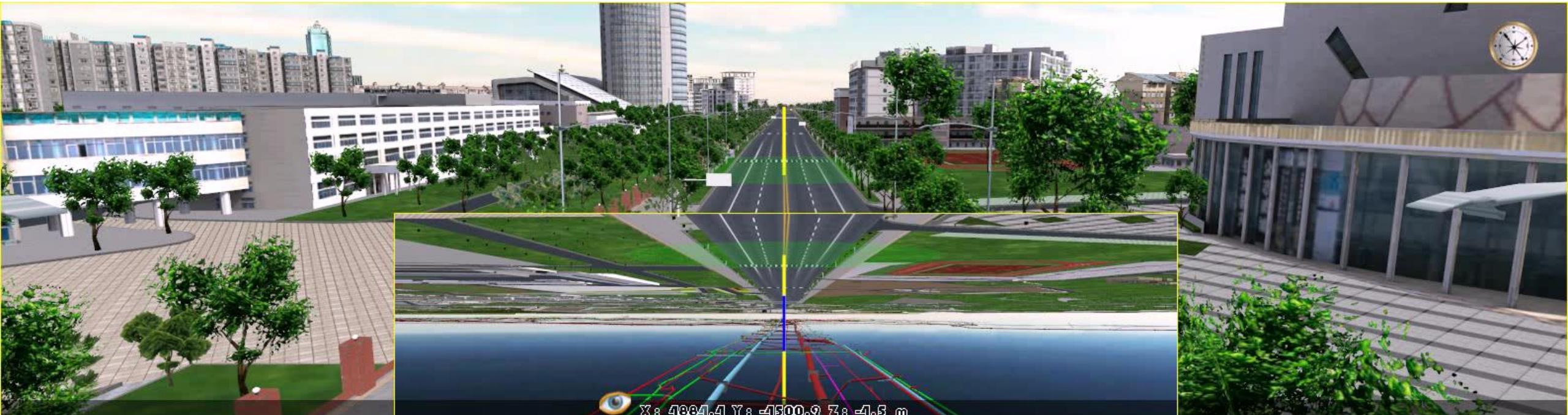
# ■ 城市空间三维可视化与仿真

## 城市精细三维场景可视化



# 城市空间三维可视化与仿真

## 地上下一体化三维仿真



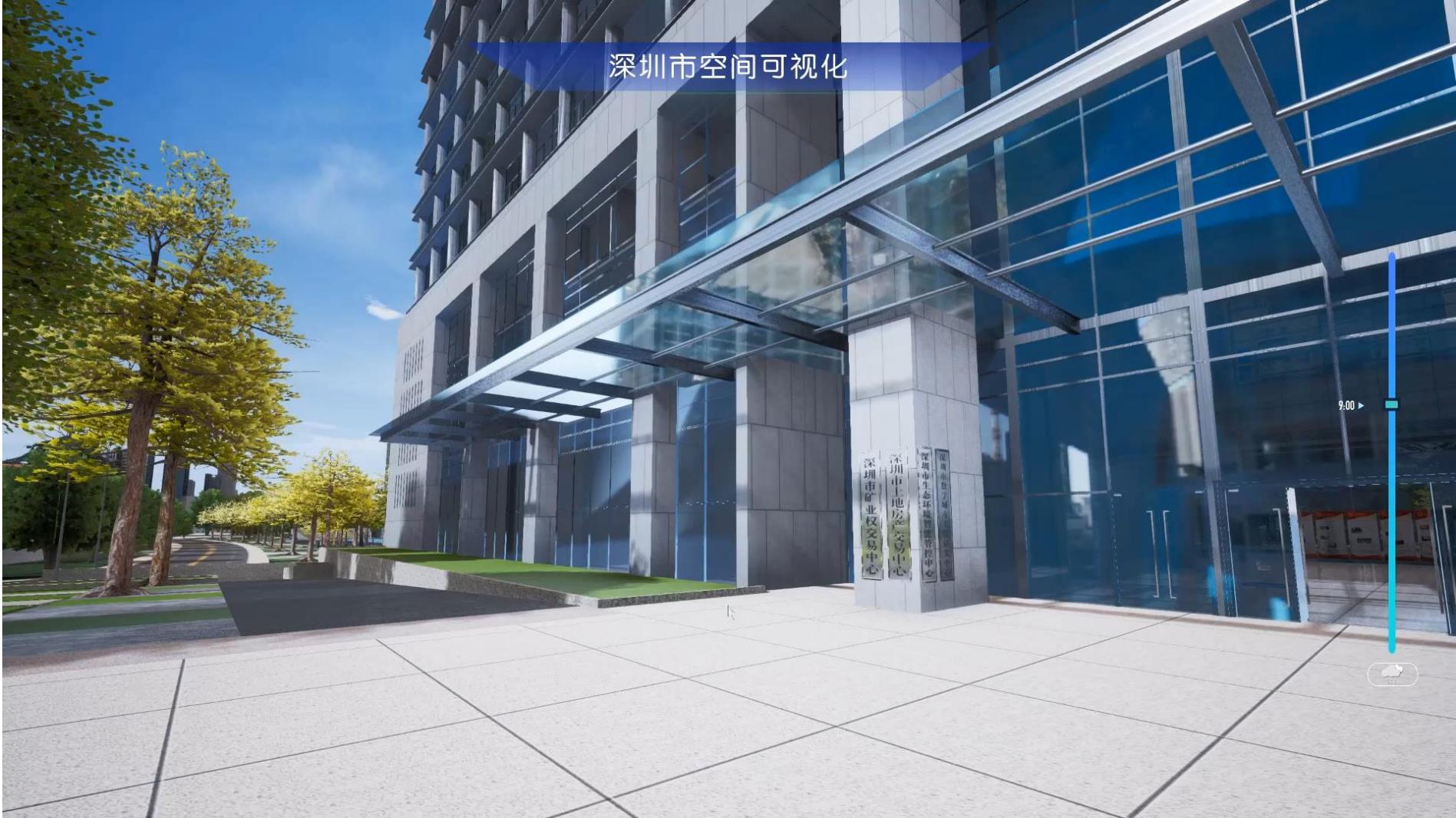
# 城市空间三维可视化与仿真

多源数据融合



# ■ 城市空间三维可视化与仿真

## 室内三维可视化

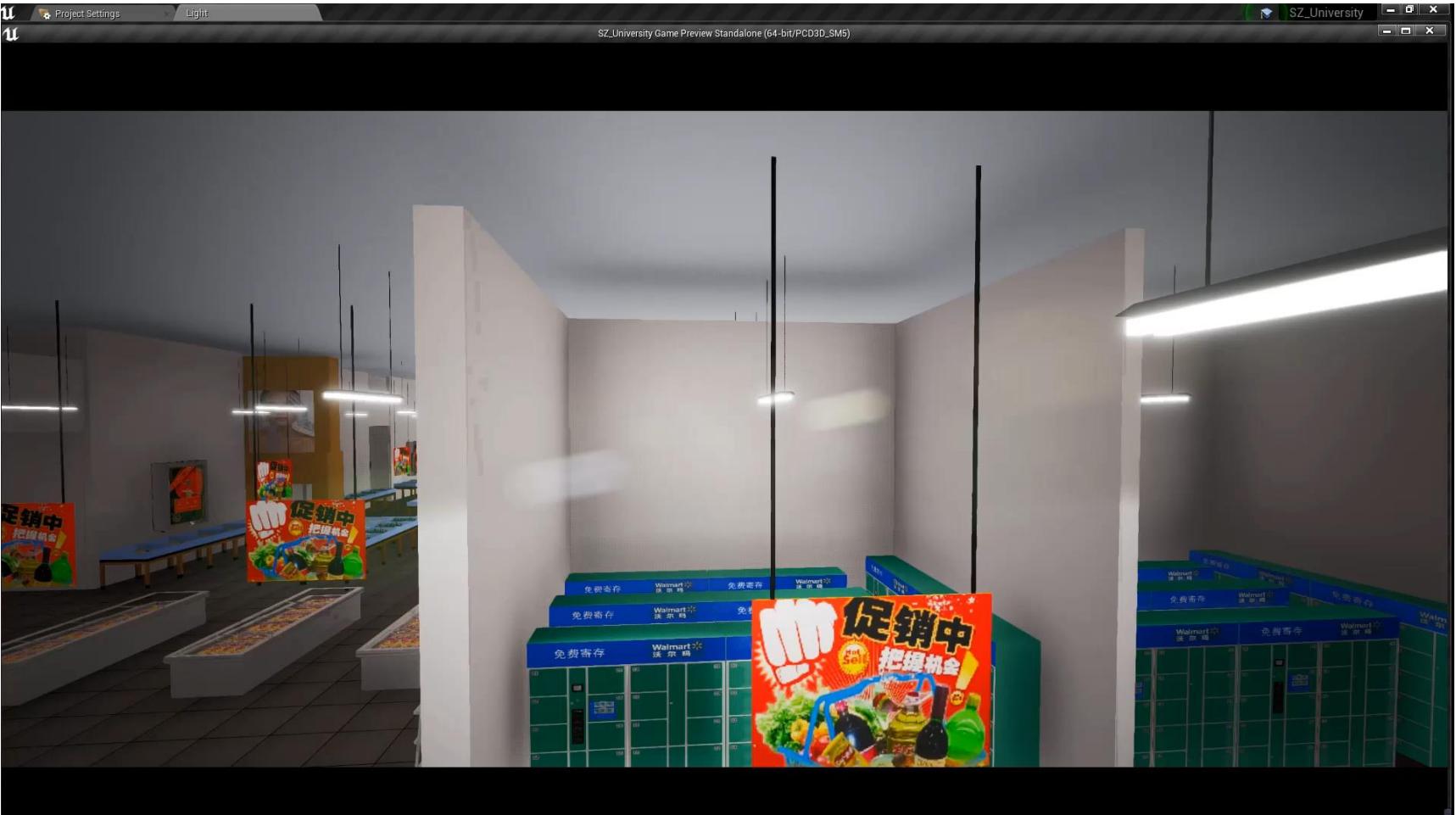


# 城市空间三维可视化与仿真 三维可视分析

## 一体化剖切



## 应急响应



# 城市空间三维可视化与仿真

## 应急演练



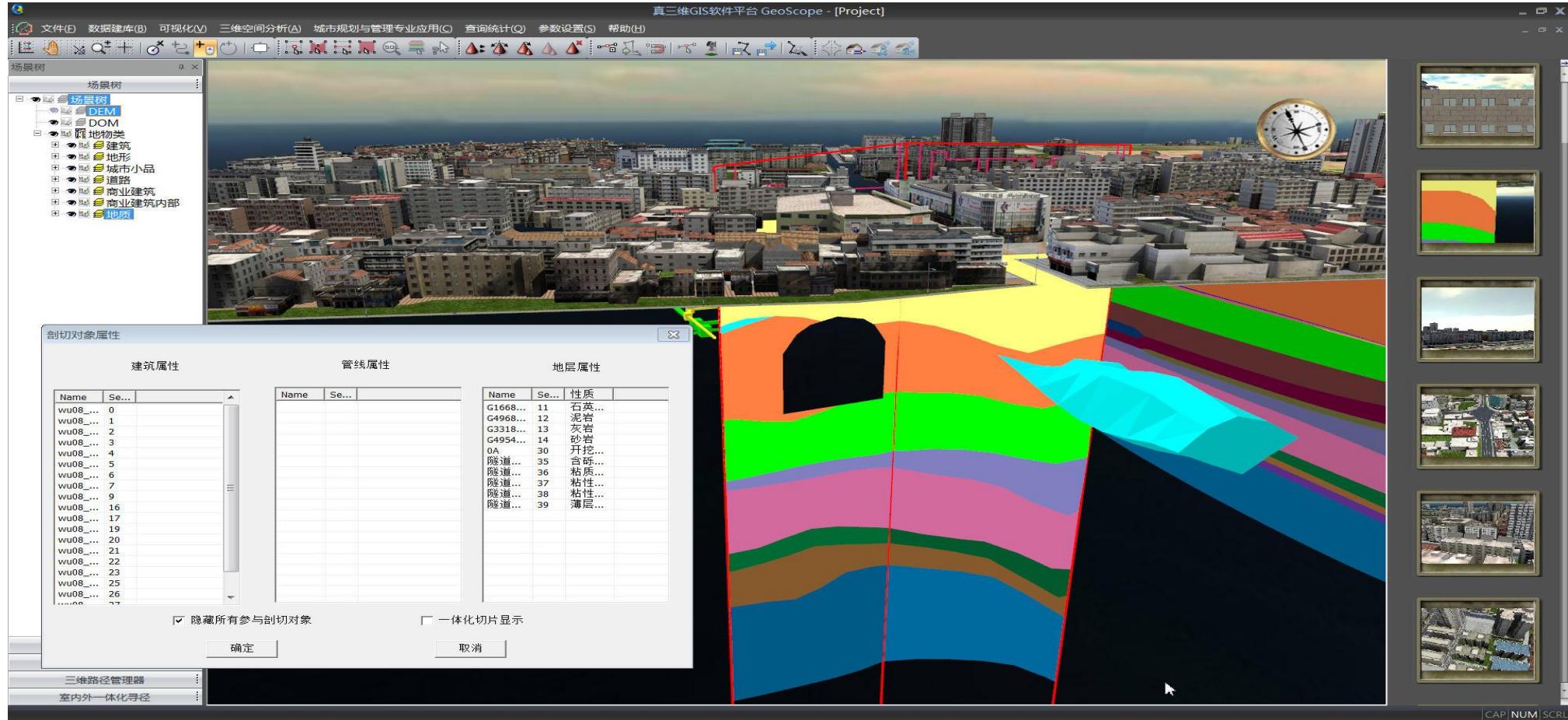
# ■ 城市空间三维可视化与仿真 无人机视频与实景三维模型融合



# 城市空间三维可视化与仿真

## 三维可视分析

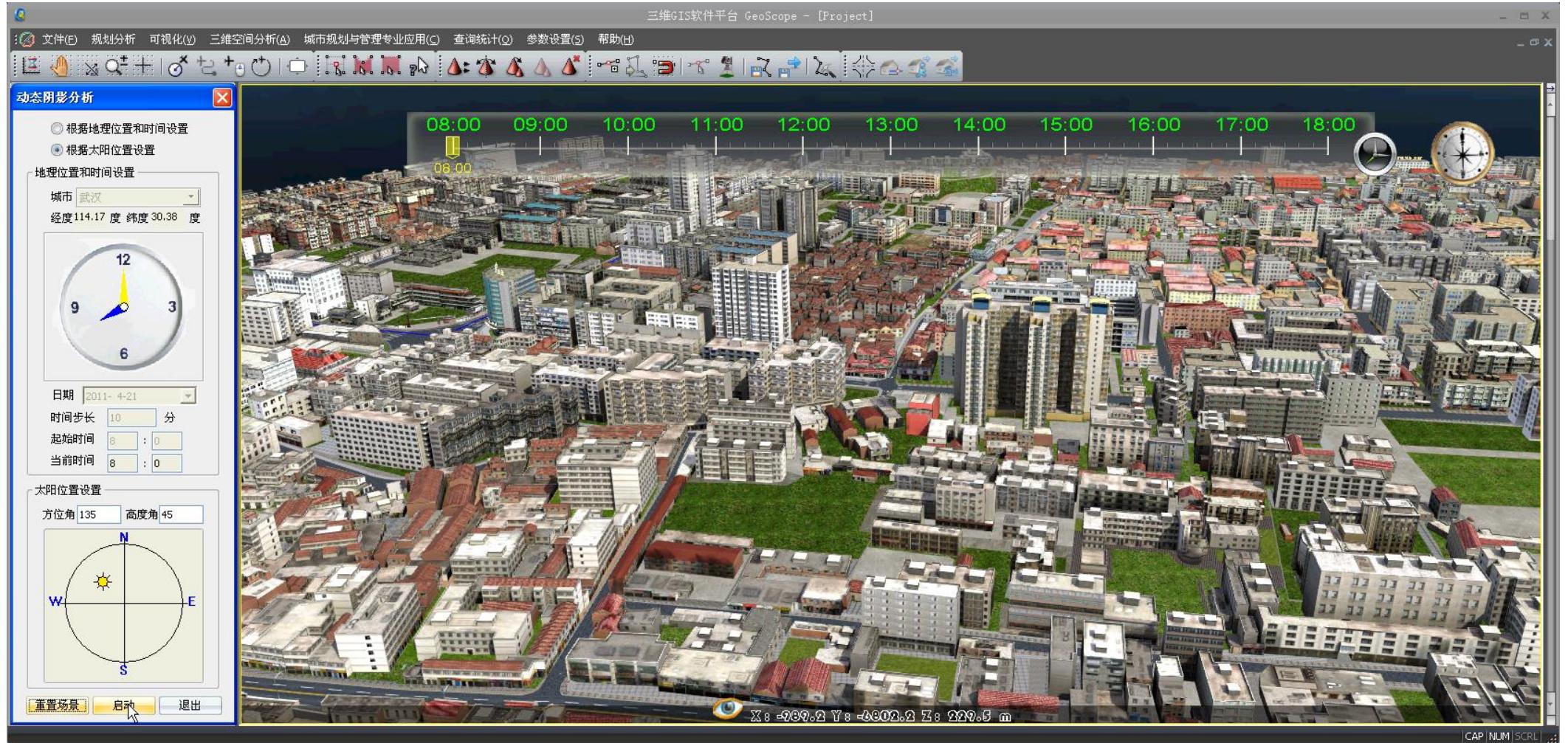
### 地上下一体化剖析分析



# ■ 城市空间三维可视化与仿真 三维可视分析



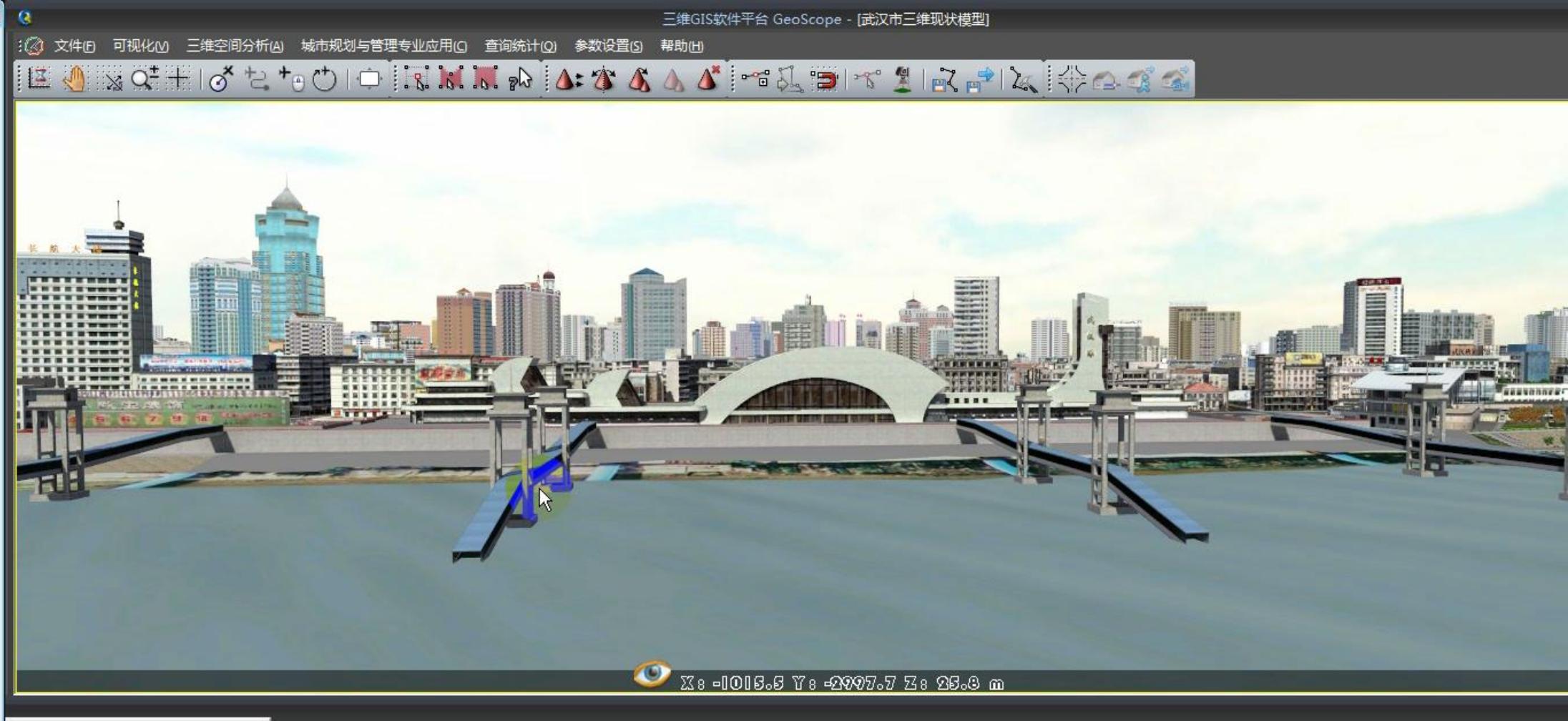
## 动态日照阴影



# 城市空间三维可视化与仿真

## 三维可视分析

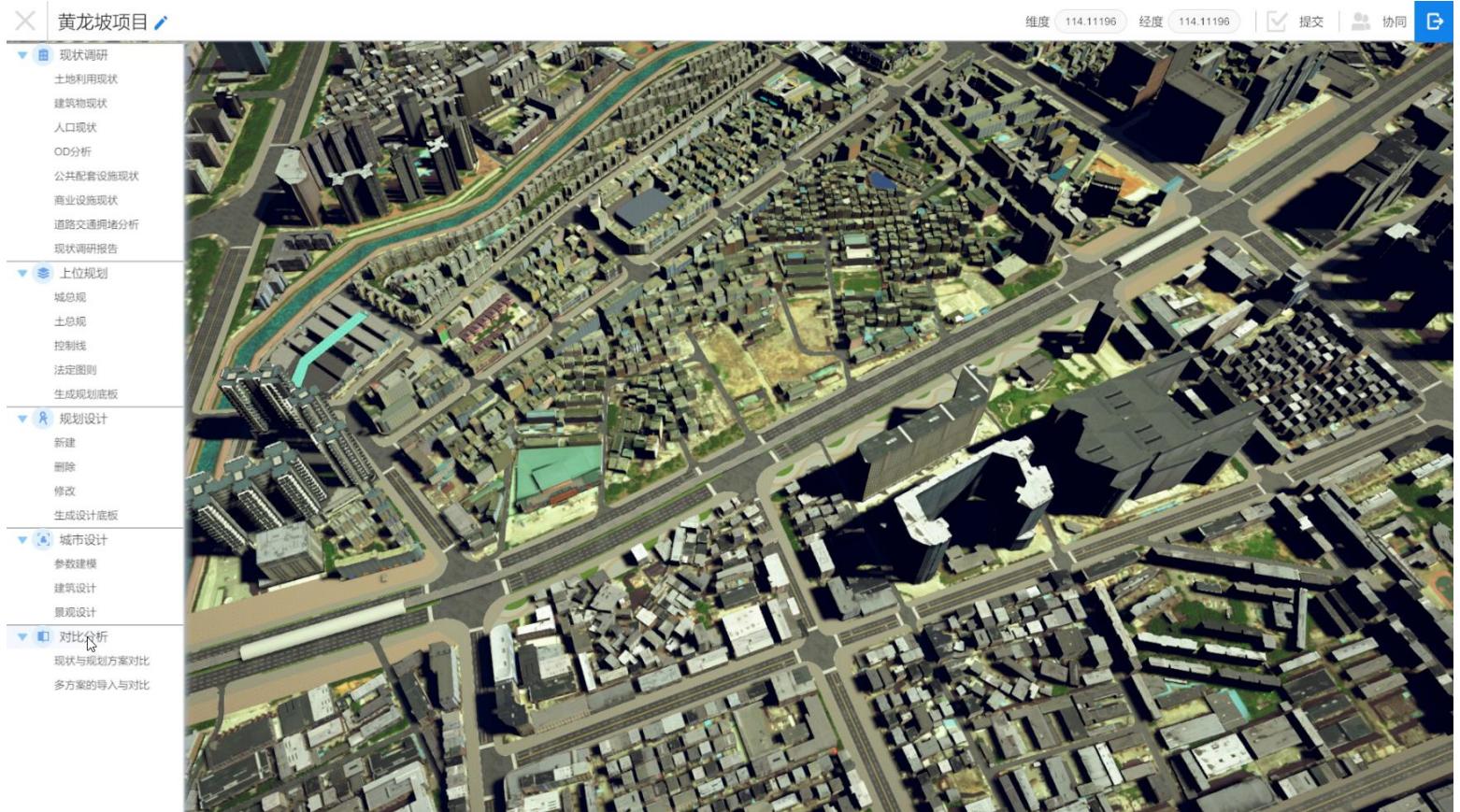
### 可视域分析



# 城市空间三维可视化与仿真

## 三维可视分析

多方案比选：不仅是可视化

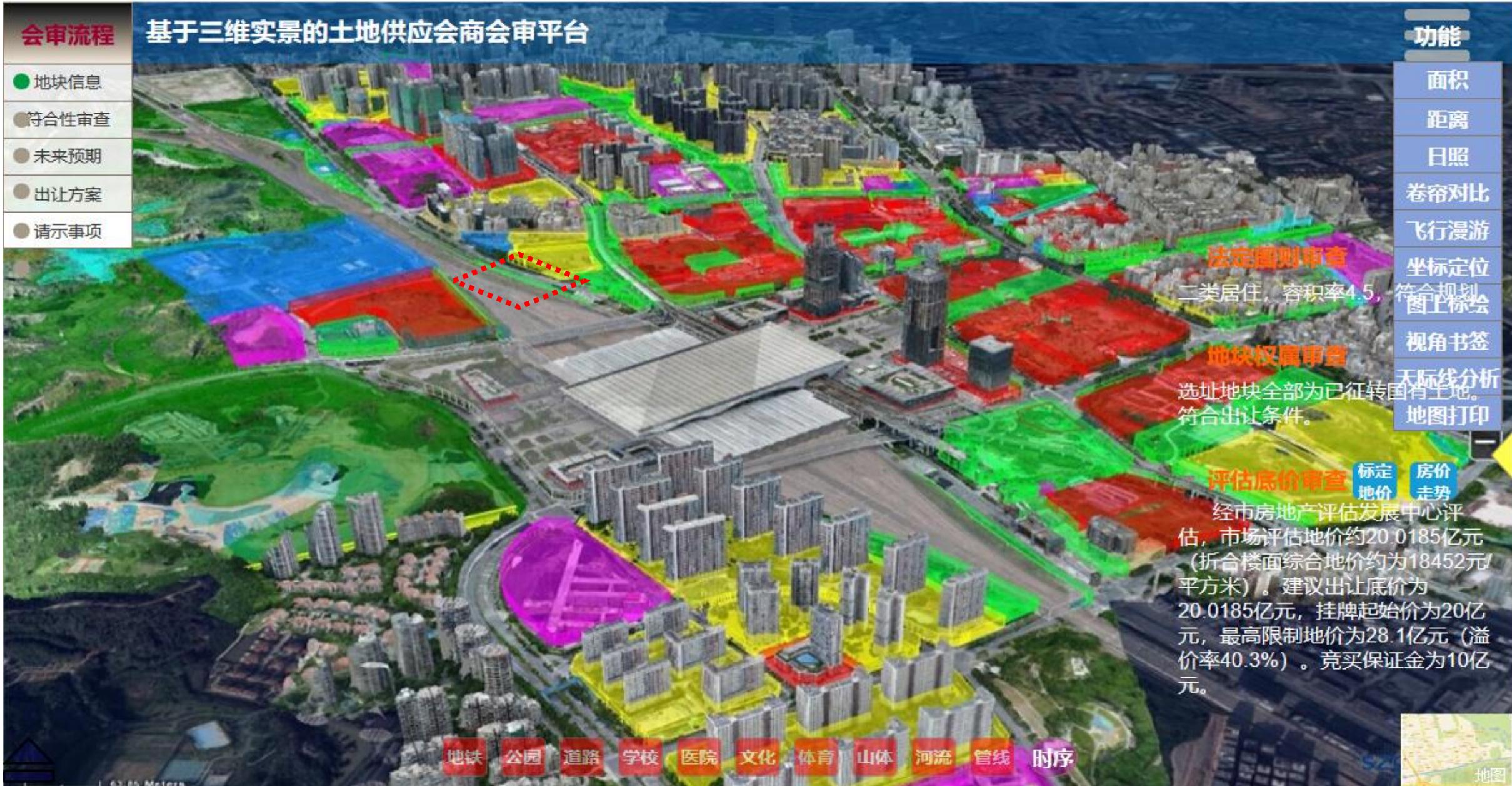


# ■ 城市空间三维可视化与仿真 建筑物三维变化检测



# 城市空间三维可视化与仿真

## 空间规划辅助决策



# ■ 城市空间三维可视化与仿真 城市更新辅助决策

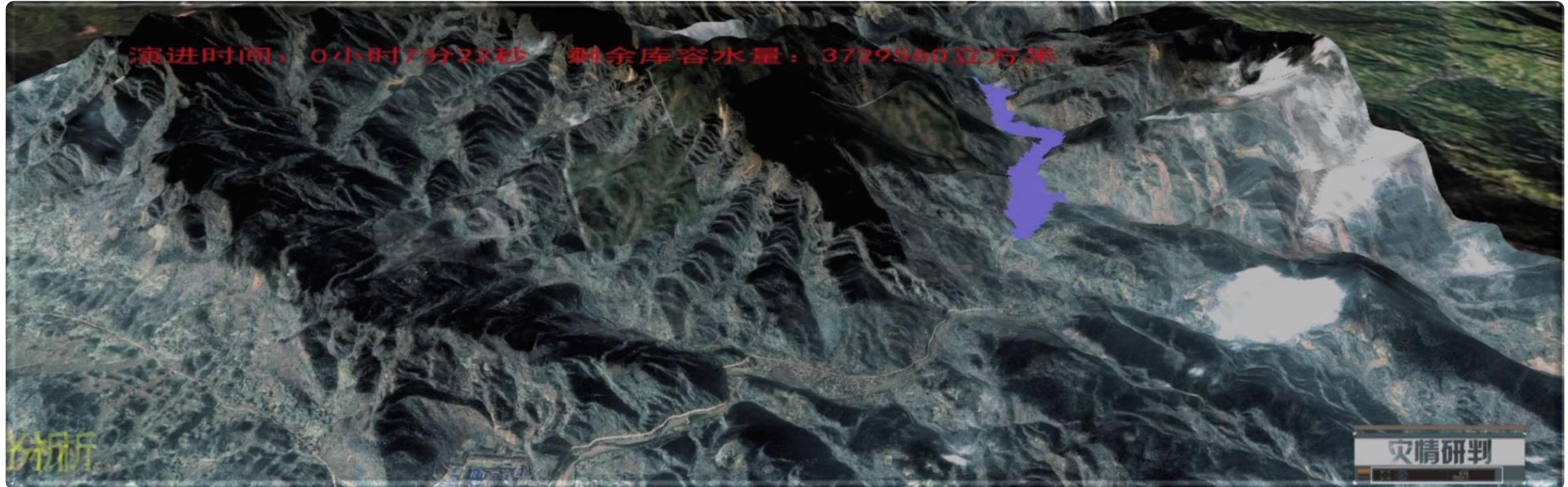


# 城市设计与房屋权籍管理



# ■ 城市空间三维可视化与仿真

## 堰塞湖溃决模拟

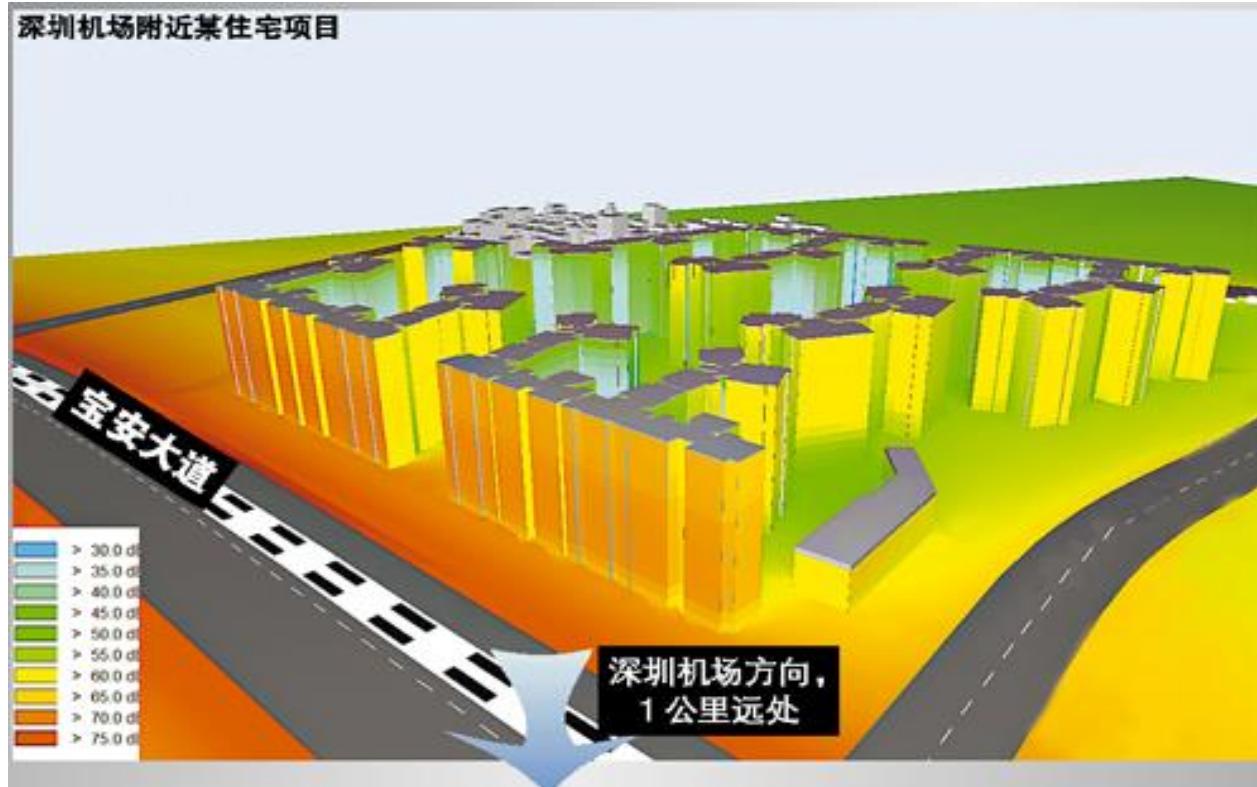


# ■ 城市空间三维可视化与仿真

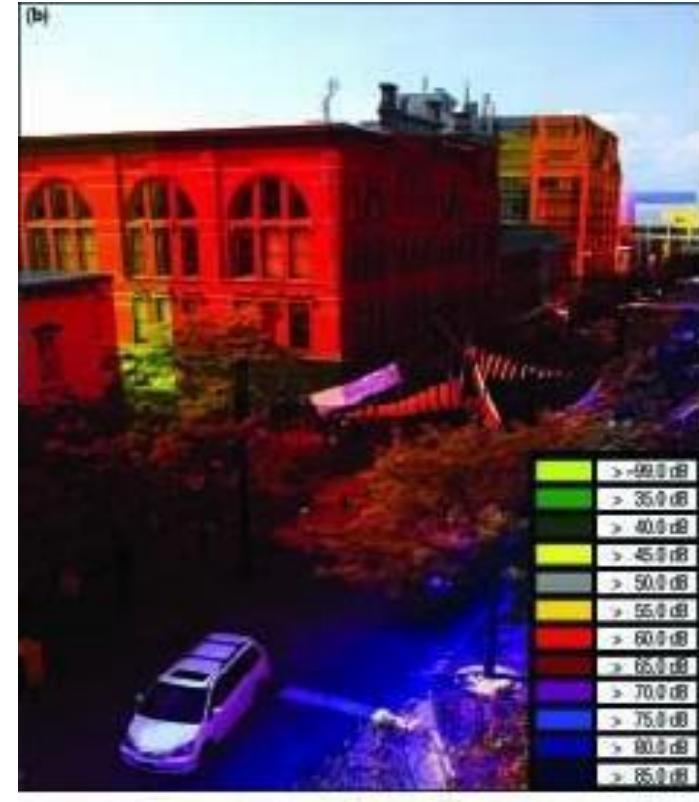
## 参数化三维铁路模型的动态集成应用



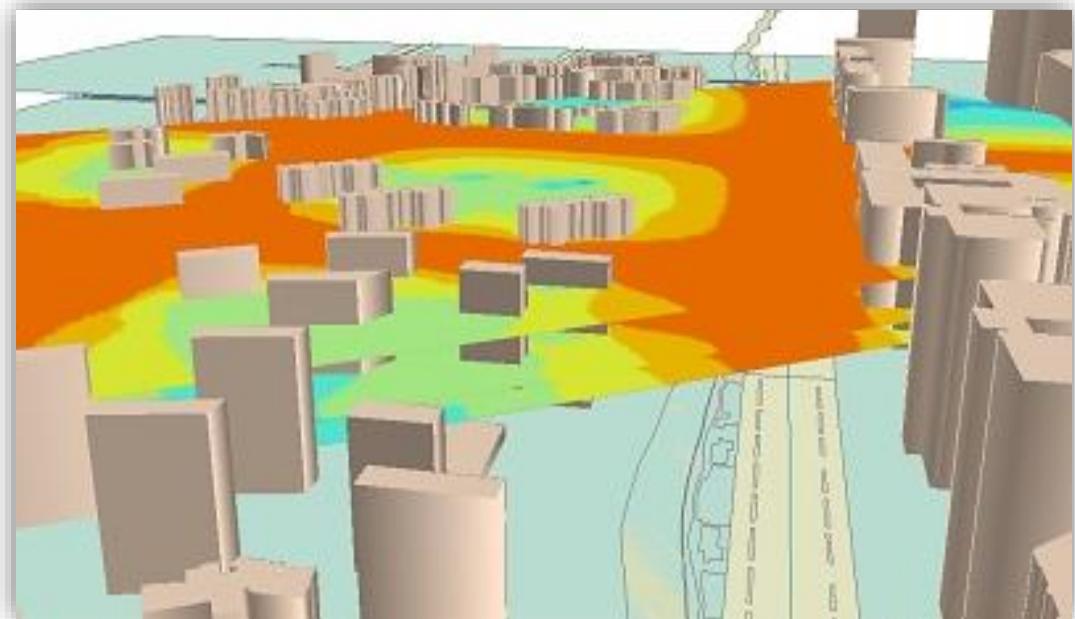
### 城市街道三维温度场在建筑物上的表现



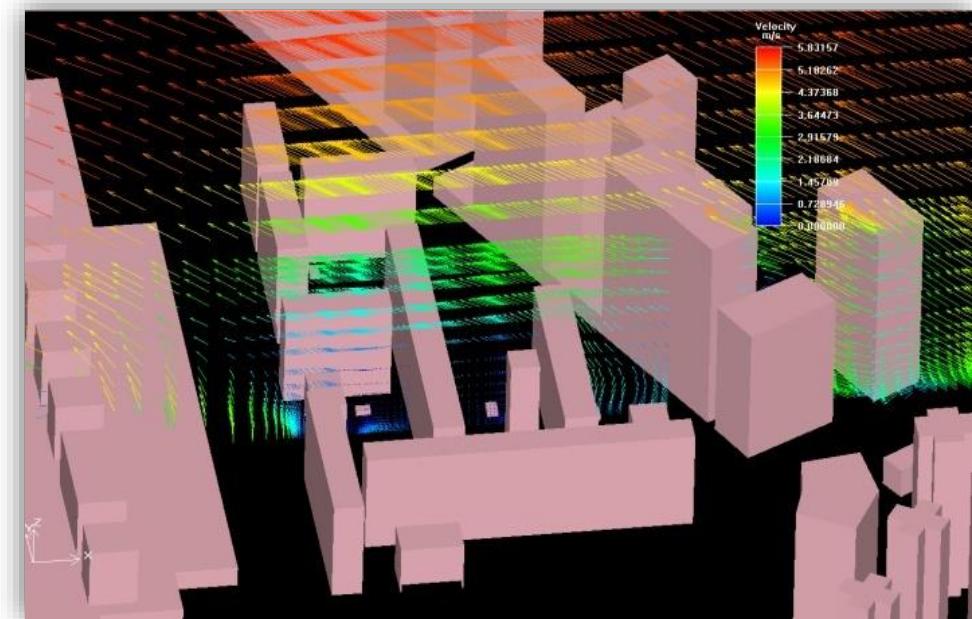
### 城市街道三维噪声模型



污染物水平方向扩散模拟



城市环境风速三维表示



- ①现实场景与虚拟景观模型的透明融合
- ②具备“X-射线”一样的透视建筑物和地下设施的能力



# ■ 城市空间三维可视化与仿真

突破时间、空间和尺度的局限，超越现实、增强现实的能力



事故现场的三维逼真模拟

- ① 需要清楚地知道哪层楼、哪个房间直接受到影响？以及可能间接影响到的其他房间、楼层和更复杂的水电气等管线设施...
- ② 准确分析安全可行的救援路线和方案

# 目录

## CONTENTS

05

课程安排



## ■ 课程特点与要求

**学习了解城市空间三维建模与仿真的基本概念与内涵**

**掌握常用的城市空间三维建模主要技术手段及其建模流程**

**掌握城市三维场景搭建以及三维可视化仿真技术方法**

**特色: 以实践操作为主, 掌握当前主流城市三维建模方法及流程**



## ■ 课程安排

教学内容分五章，由课堂讲授和上机实习两大教学环节组成，  
总学时为54学时，具体安排如下：

- 课堂教学(18学时)
- 上机实习(36学时)
- 考核方式
  - 根据课程进度提交2-3次课程实践作业
  - 一次课程终期成果总结汇报



# 课程进度计划

周次	周学时	主要教学内容	习题课或实验课内容
1	3	第一讲：第一章 绪论	
2	3	第二讲：第二章 城市三维空间数据获取与模型表达	3D 感知原理
3	3	第三讲：第二章 城市三维空间数据获取与模型表达	数据采集平台与模型表达
4	3	第四讲：第三章 多视图像的三维场景重建与数据处理（一）	实验一：多视图像的三维场景重建与数据处理实验（一）：视觉图像数据采集与建模实验（工具篇）
5	3	第五讲：第三章 多视图像的三维场景重建与数据处理（二）	实验一：多视图像的三维场景重建与数据处理实验（二）：三角网重建与优化（工具篇）
6	3	第六讲：第三章 多视图像的三维场景重建与数据处理（三）	实验一：多视图像的三维场景重建与数据处理实验（二）：纹理贴图与优化（提交第一次作业）（工具篇）
7	3	第七讲：第四章 激光点云的三维场景重建与数据处理（一）	实验二：激光点云的三维场景重建与数据处理实验（一）：点云数据处理实践（工具篇）
8	3	第八讲：第四章 激光点云的三维场景重建与数据处理（二）	实验二：激光点云的三维场景重建与数据处理实验（一）：点云数据预处理实验（编程实践篇）
9	3	第九讲：第四章 激光点云的三维场景重建与数据处理（三）	实验二：激光点云的三维场景重建与数据处理实验（二）：点云数据语义分割（编程实践篇）
10	3	第十讲：第四章 激光点云的三维场景重建与数据处理（四）	实验二：激光点云的三维场景重建与数据处理实验（三）：点云数据配准融合与变化检测（编程实践篇）
11	3	第十一讲：第五章 三维数据特征提取与参数测量（一）	实验三：第五章 三维数据特征提取与参数测量实验（一）：三维模型形状参数计算（编程实践篇）
12	3	第十二讲：第五章 三维数据特征提取与参数测量（二）	实验三：第五章 三维数据特征提取与参数测量（二）：点云几何模型参数拟合（编程实践篇）
13	3	第十三讲：第五章 三维数据特征提取与参数测量（三）	实验三：第五章 三维数据特征提取与参数测量（三）：模型语义化重建与模型输出实验（编程实践篇）（提交第二次作业）
14	3	第十四讲：第六章 城市三维模型可视化与仿真（一）	实验四：城市三维模型可视化与仿真实验（一）：三维场景搭建实验
15	3	第十五讲：第六章 城市三维模型可视化与仿真（二）	实验四：城市三维模型可视化与仿真实验（二）：三维可视化实验
16	3	第十六讲：第六章 城市三维模型可视化与仿真（三）	实验四：城市三维模型可视化与仿真实验（三）：三维模拟仿真实验
17	3	第十七讲：第六章 城市三维模型可视化与仿真（四）	实验四：城市三维模型可视化与仿真实验（四）：三维模拟仿真实验
18	3	课程成果总结汇报	

# 谢谢大家！

