

# 实景三维中国建设的使命与任务

朱庆

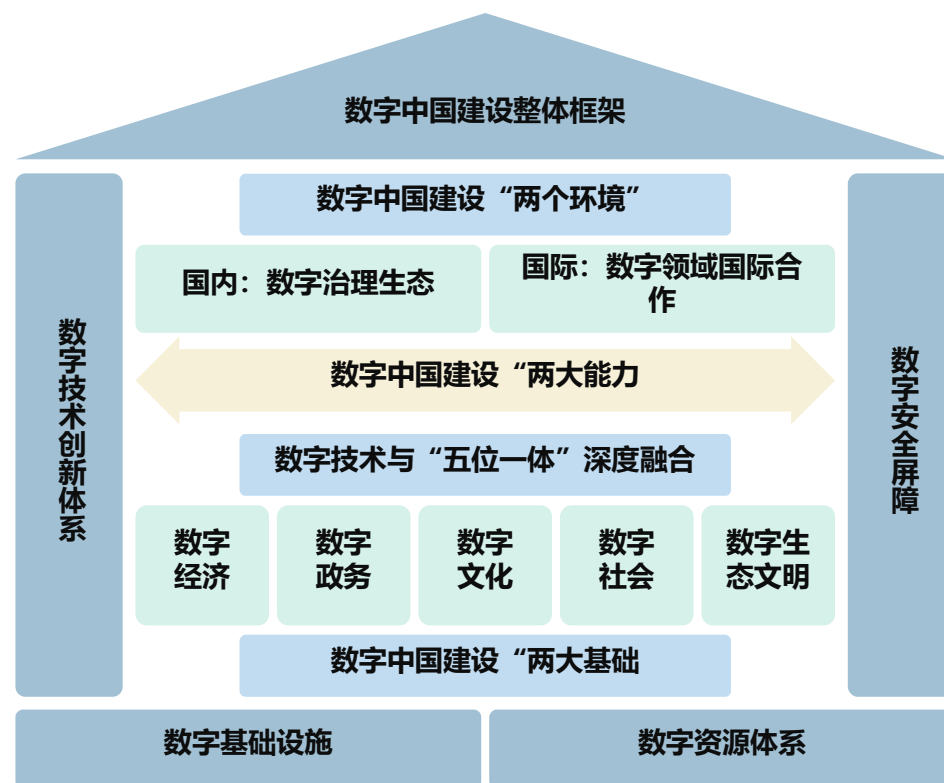
西南交通大学 学术委员会副主任

2023年6月28日，北京

## 2023年2月27日，中共中央、国务院印发 《数字中国建设整体布局规划》

- 建设数字中国是数字时代推进中国式现代化的重要引擎，是构筑国家竞争新优势的有力支撑
- 运用数字技术推动山水林田湖草沙一体化保护和系统治理，完善自然资源三维立体“一张图”
- 构建以数字孪生流域为核心的智慧水利体系

**数字中国长期存在的痛点**  
**多专业分散!**  
**多阶段分离!**



**实景三维中国为数字中国提供统一的空间定位框架和分析基础，是数字政府、数字经济重要的战略性数据资源和生产要素。**

**根据中国测绘学会智慧城市工作委员会2022年面向全国政府机关、企事业单位开展的实景三维中国建设及应用现状线上调研（收到340份有效问卷）结果（《智慧城市系列丛书之实景三维应用与发展》，中国电力出版社，2023）：**

**根据对实景三维建设与应用的主要业务分析，当前的首要应用目标是可视化，占比高达90%！**

## 全社会的数字化需求升级

### 从2D到3D和4D

#### ——从点线面独立表达到生命共同体一体化表达

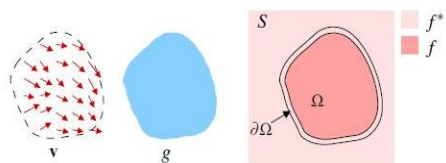
	实景三维	数字孪生
<b>表达对象</b>	现实世界中的自然与人造实体	人机物三元空间中的实体及其行为
<b>表达模型</b>	以三维表面模型表达为主，例如三角形网格模型，并且通常按一定时序方式进行更新	以三维立体结构实体化表达为主，例如体素模型，并保持实时动态更新
<b>数据来源</b>	以空天地多源测绘技术手段获取的点云和影像等数据为主	以勘察、设计、建设和运维全生命周期持续更新的数据为主，包括物联网传感网实时感知的数据，以及机理模型和经验知识等
<b>建模技术</b>	三维几何与外观（纹理、材质）建模	三维几何结构与外观（纹理、材质）建模+动态行为（物理、化学）建模

# 从分散的4D产品到融为一体的实景三维模型

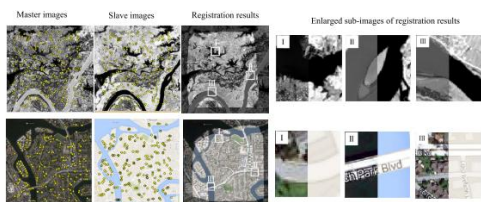
智能三维模型：数据丰富的构件以及与其他构件之间的关系

多模态、多尺度、多语义数据**按需组装重构**

## 多模态影像数据融合 (DOM)



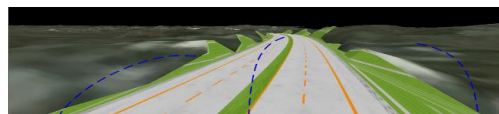
泊松融合框架构建



## 多尺度异构地形数据融合 (DEM)

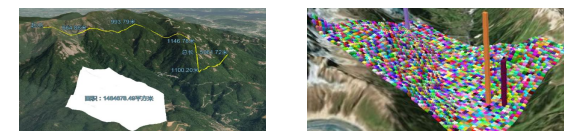


基于语义特征点的多点云数据无标靶配准

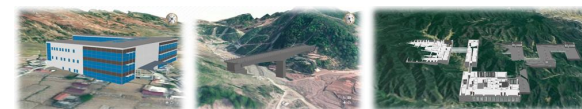


基于压缩感知的多尺度TIN与Grid无缝融合

## 多维几何模型真实感融合



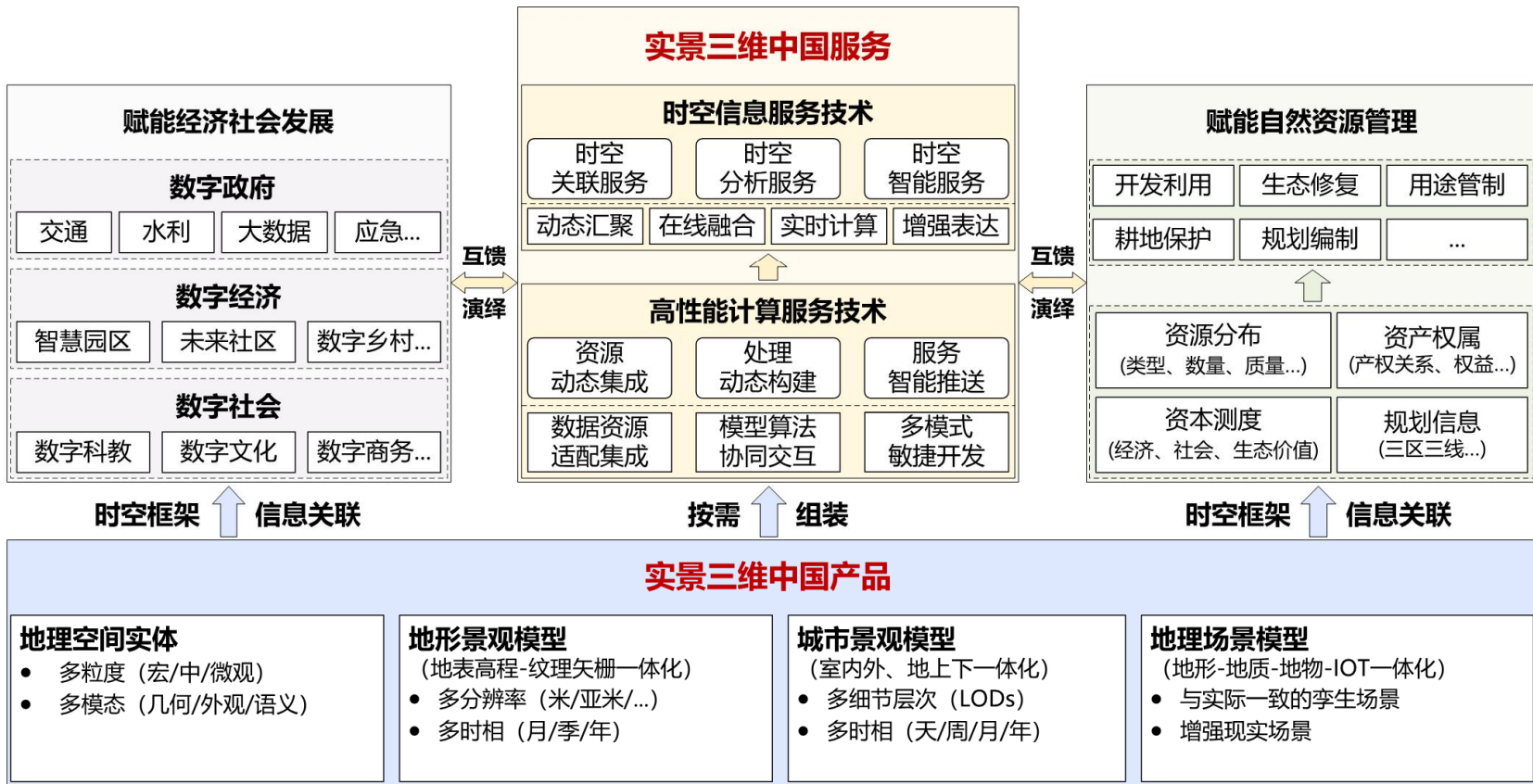
二维矢量数据  
(多分辨率纹理化处理, 三维表面映射)



三维表面模型无缝融合

消除**多源异质**地理数据的几何不一致、纹理辐射差异, 构建全域多尺度高精度实景三维地理场景模型

# 实景三维中国建设需求与应用赋能框架



① 非空间数据空间化

② 时空关联

① 按需组装

② 实体重构

① 一体多态

② 多细节层次

③ 适时更新

# 实景三维中国产品体系：3+1

**3大类**标准化基础产品：地理空间实体模型、地形景观模型和城市景观模型  
**1大类**可定制的专题产品：地理场景模型

产品类型	精度比例尺	分辨率	模态	语义属性	时效性
地理空间实体模型	1/5百-1/5万	厘米级到10米级	2D/3D矢量、点云、体素、BIM	外观、功能、行为	按需更新
地形景观模型	1/5百-1/5万	亚米级到10米	TIN、Grid、点云、2D/3D矢量	纹理、地形特征、地物分布	适时更新
城市景观模型	1/5百-1/1万	厘米级到米级	TIN、Grid、点云、BIM、体素、2D/3D矢量	地上下室内外立体结构、相互关系	动态更新
地理场景模型	1/5百-1/2千	厘米级到米级	TIN、Grid、点云、BIM、体素、2D/3D矢量、视频	IOT动态接入、增强现实	持续更新

## 广州市新型基础测绘和实景三维建设的研究与应用项目验收会议议程

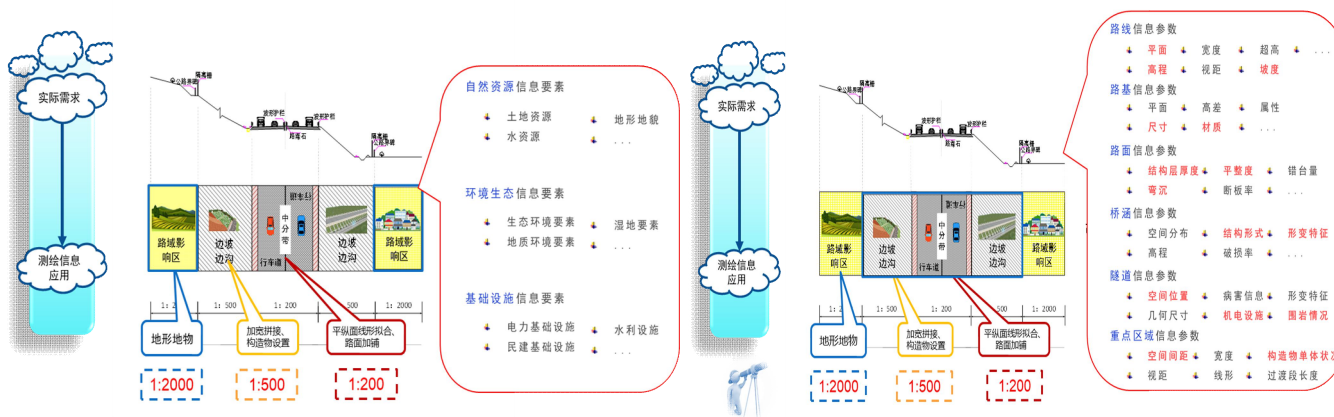
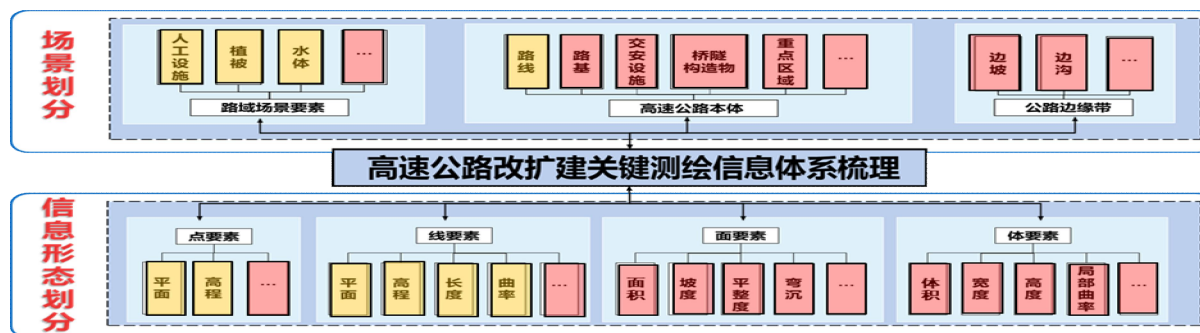
- 一、时间：2023年5月14日 15:00
- 二、地点：越秀区建设大马路10号珠江规划大厦6楼  
(平台演示在7楼)

**需求牵引，体制机制创新，确保7个一体化**  
**室内外，地上下，陆海，2D+3D，空间+属性，时间+空间，宏观+微观**



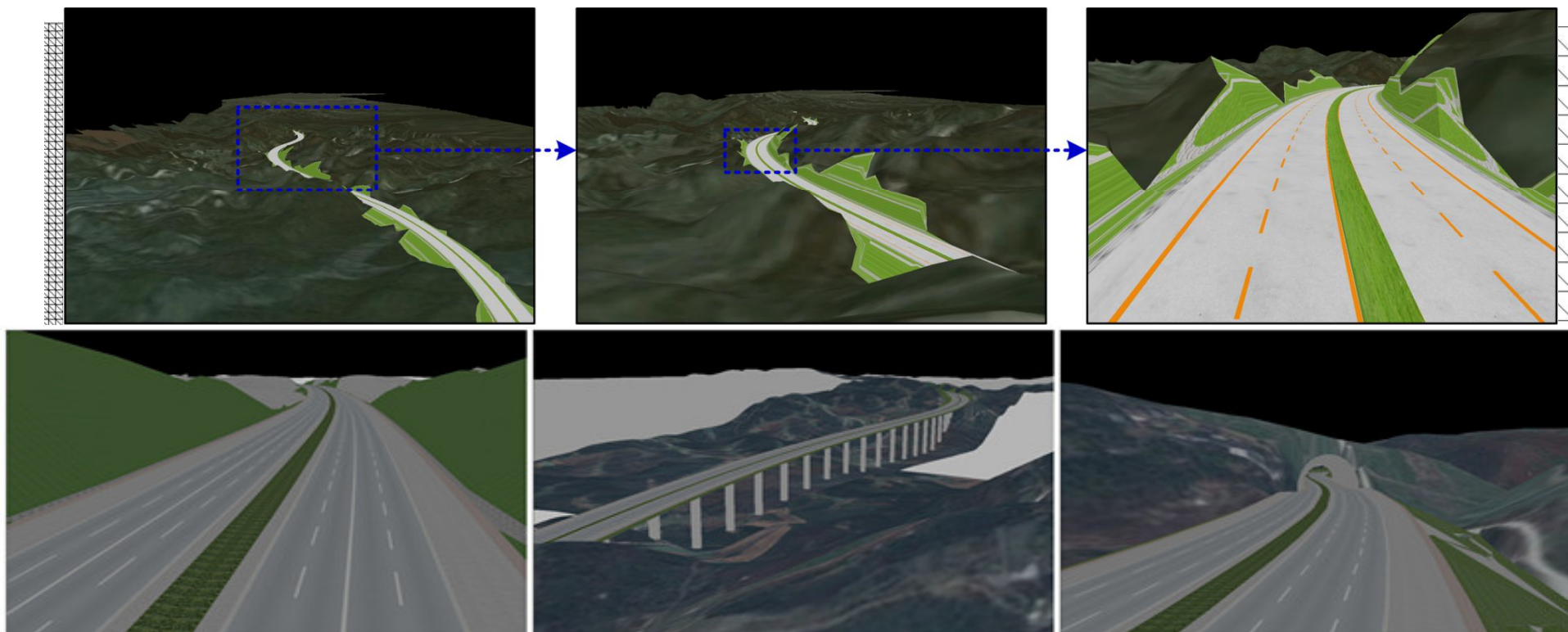


## 改扩建、信息化与智能化运维养护重大需求



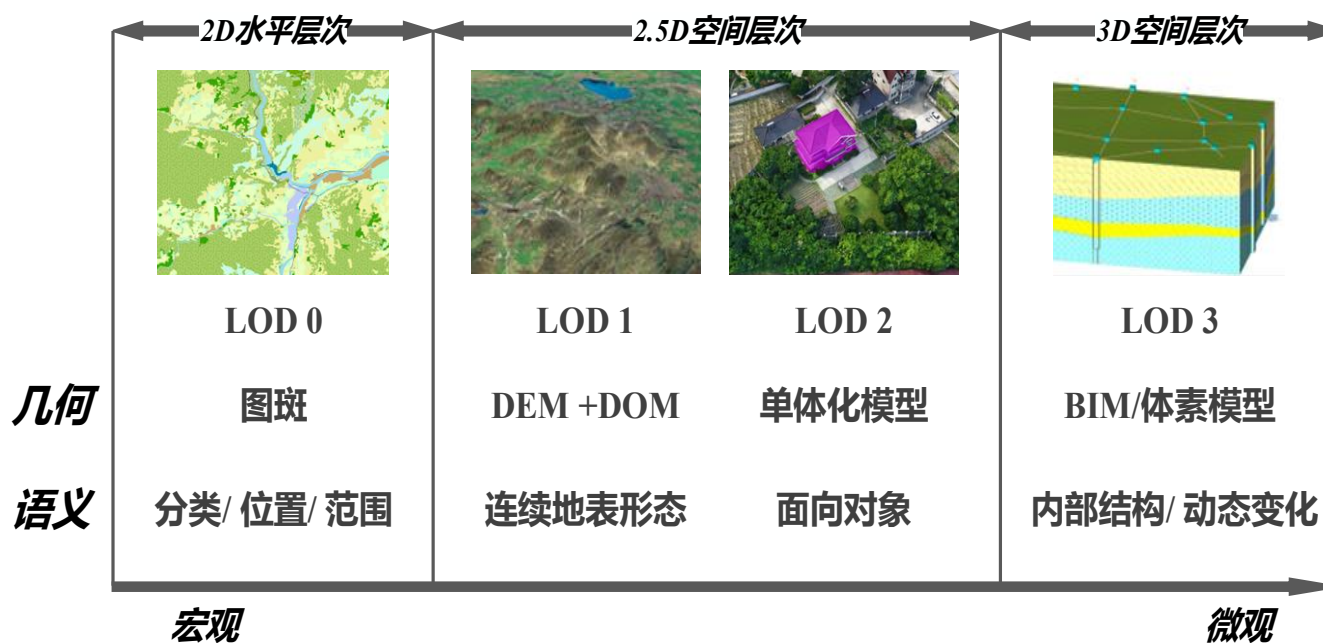
李升甫，2022，西南交通大学第一个工程博士，《高速公路改扩建多源激光扫描数据集成处理与应用关键技术》

# 地面模型与地物模型无缝套合的多尺度表示

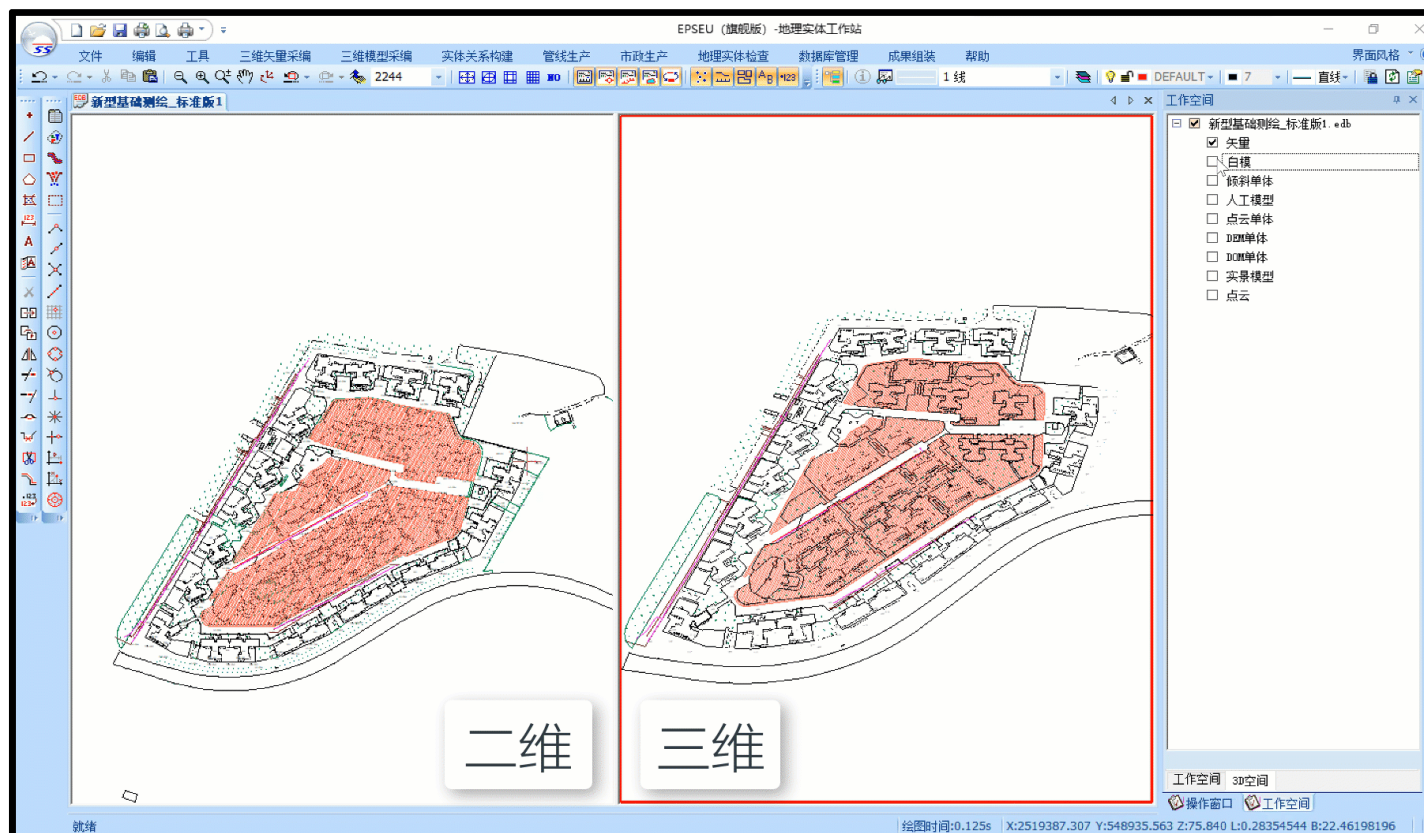


## 从普适性产品向按需定制的个性化与精细化产品转变

- ① 实际上，并不是所有地理场景要素都要事无巨细的建模
- ② 不同管理层级和不同专业通常需要不同粒度不同模态的模型
- ③ 这些模型要能反映事物的本质特征，而把那些在分析计算中并无积极作用的细节和机制隔离出来



## 地理实体一码多态、各尽所需 多源数据多态模型关联构建与更新



## 在国家层面，基于国产立体卫星影像 完成 5 米格网 DEM、DSM 制作，覆盖全国陆地范围及主要岛屿

中华人民共和国自然资源部  
Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China

政府信息公开

首页 机构 动态 公开 服务 互动 数据 专题

标题

名称	自然资源部办公厅关于全面推进实景三维中国建设的通知		
索引号	000019174/2022-00016	主题	国土测绘
发文字号	自然资源发〔2022〕7号	发布机构	自然资源部办公厅
生成日期	2022年02月24日	体裁	通知
实施日期		废止日期	

**自然资源部办公厅关于全面推进实景三维中国建设的通知**

各省、自治区、直辖市及计划单列市自然资源主管部门，新疆生产建设兵团自然资源局，国家林业和草原局，中国地质调查局及部其他直属单位，各派出机构，部机关各司局：

表 2-1 DEM、DSM 建设内容与要求

内容	覆盖范围	数据精度	现势性	分工
5 米格网 DEM、DSM	全国陆地及主要岛屿	高程中误差 0.5-5 米	整体现势性优于 2022 年	国家层面
优于 2 米格网 DEM、DSM	胡焕庸线以东地区以及西部重点城市及周边区域	高程中误差 0.2-4 米		地方层面

### 1. 数字高程模型 (DEM)、数字表面模型 (DSM) 制作

(1) 国家层面。完成 5 米格网 DEM、DSM 制作，覆盖全国陆地范围及主要岛屿。其中，5 米格网 DEM、DSM 空白区（指优于 2 米格网 DEM、DSM 和已有 5 米格网 DEM、DSM 覆盖范围以外的区域）以立体卫星影像为主要数据源进行新测生产；优于 2 米格网 DEM、DSM 覆盖区域通过重采样整合生产 5 米格网 DEM、DSM。

### 3. 数字正射影像 (DOM)

(1) 国家层面。完成 2 米和优于 1 米分辨率 DOM 制作。其中，2 米分辨率 DOM 覆盖全国陆地范围和主要岛屿，以季度为周期进行时序化采集与表达；优于 1 米分辨率 DOM 覆盖全国重点地区（约 400 万平方千米，覆盖范围见图 2-2），以年度为周期进行时序化采集与表达。

## 在国家层面，基于国产立体卫星影像 组织开展基础三维模型建设，覆盖地级以上城市的城镇开发边界范围

中华人民共和国自然资源部 政府信息公开  
Ministry of Natural Resources of the People's Republic of China

首页 机构 动态 公开 服务 互动 数据 专题

标题 搜索 高级搜索

名称	自然资源部办公厅关于全面推进实景三维中国建设的通知		
索引号	000019174/2022-00016	主题	国土测绘
发文字号	自然资源发〔2022〕7号	发布机构	自然资源部办公厅
生成日期	2022年02月24日	体裁	通知
实施日期		废止日期	

### 自然资源部办公厅关于全面推进实景三维中国建设的 通知

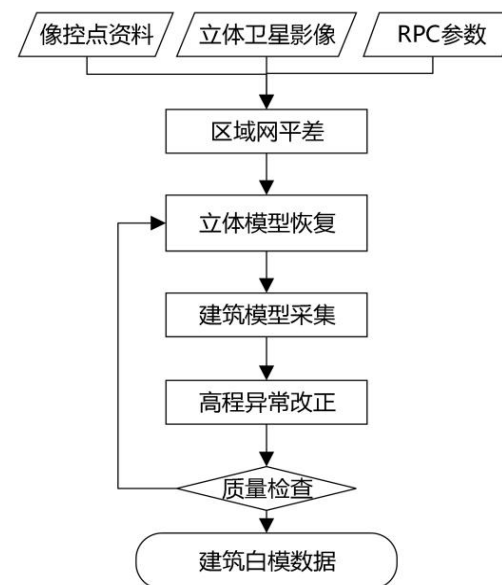
各省、自治区、直辖市及计划单列市自然资源主管部门，新疆生产建设兵团自然资源局，国家林业和草原局，中国地质调查局及部其他直属单位，各派出机构，部机关各司局：

(1) 国家层面。组织开展基础三维模型（建筑白模）建设，覆盖地级以上城市的城镇开发边界范围；整合地方层面生产的基础地理实体数据，覆盖地级以上城市的城镇开发边界范围。



### 5. 基础三维模型（建筑白模）数据

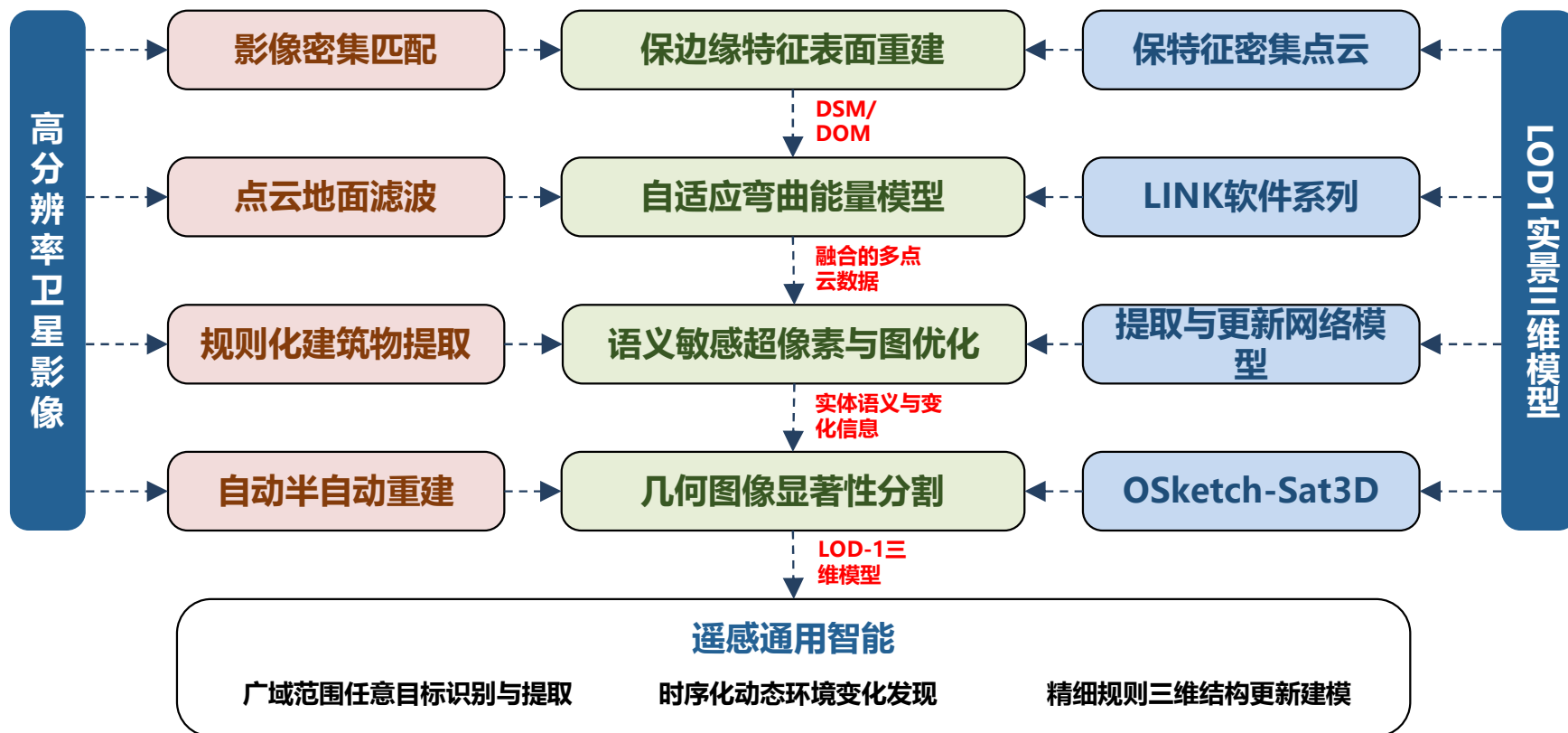
基于立体卫星影像和其他相关资料，进行区域网平差，构建立体模型，采集建筑模型数据，并进行高程异常改正和质量检查后，形成建筑白模数据。生产流程如图 3-11 所示：



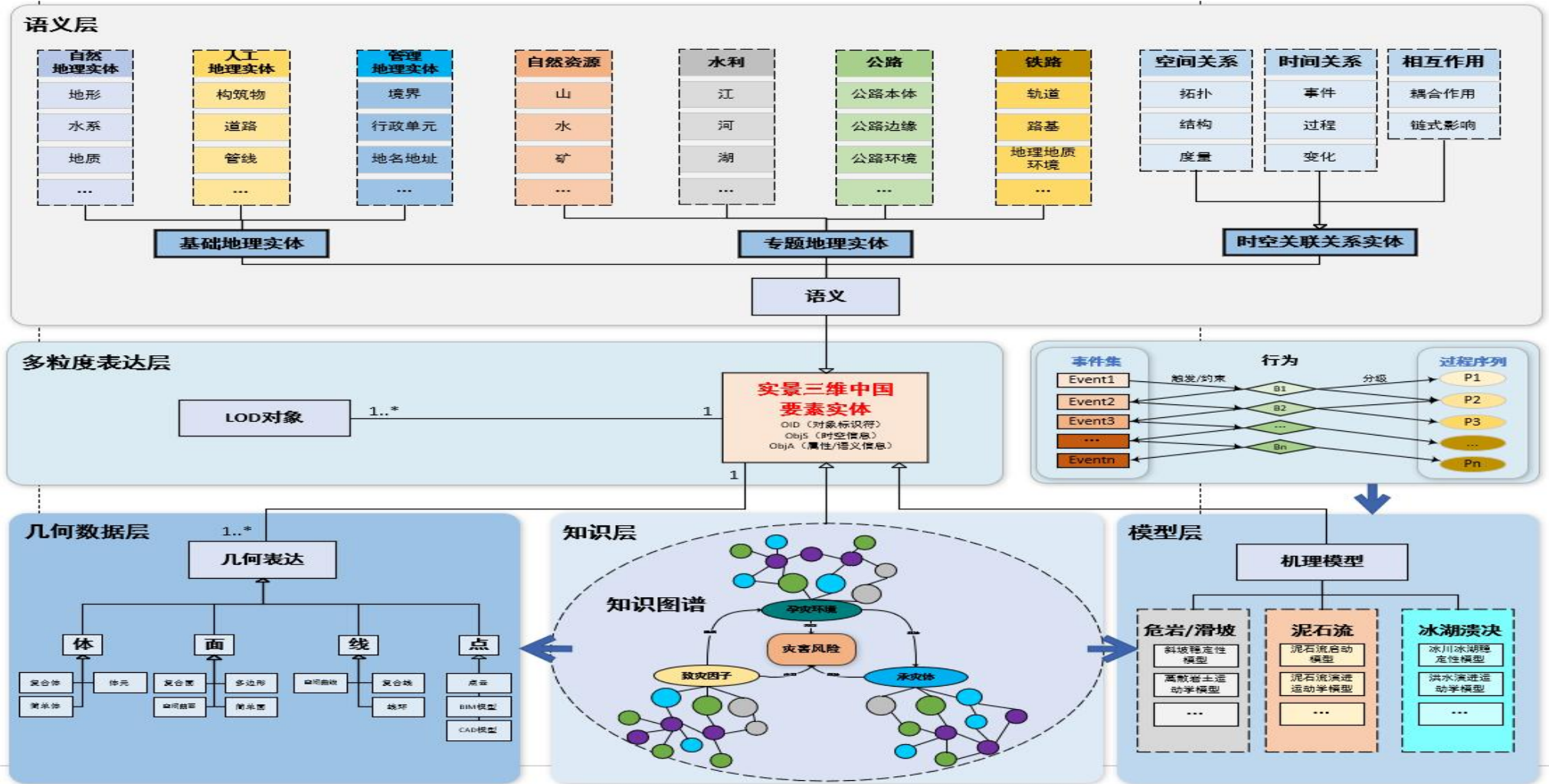
# 卫星影像实景三维建模关键技术路线

## 面向国家级和省级实景三维建模与更新

从保结构表面重建、地形滤波、实体要素规则化提取到三维建模实现遥感通用智能



# 顶层设计要满足多样化需求：从国家到地方的泛在应用





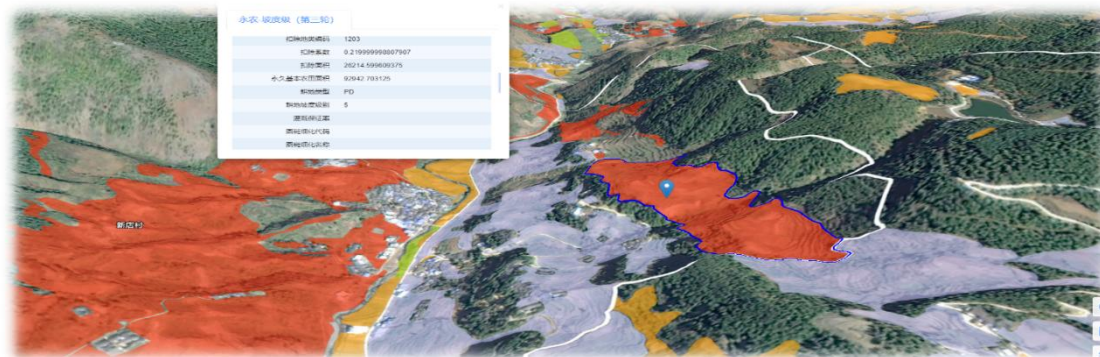
# “三区三线” 划定需求



坡度计算的依据是**DEM**，而目前全国乃至省域范围使用的DEM最好分辨率只有10米左右，在西南山区，许多坡耕地和自留地图斑都不大，很难精准辨识。

**不仅要更高精度、更高分辨率，还要更丰富的语义信息！**

高坎梯田

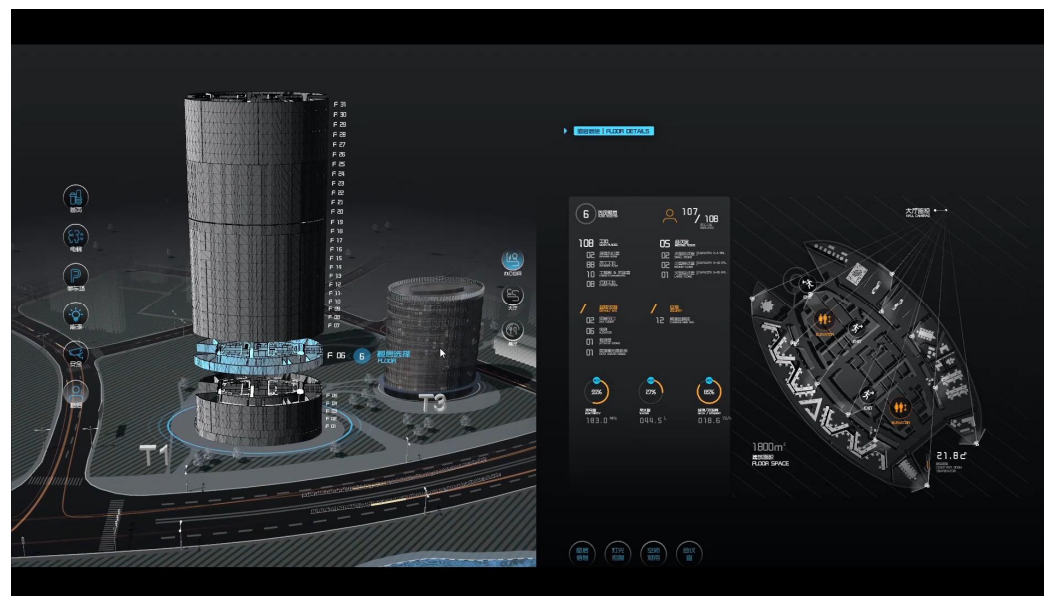
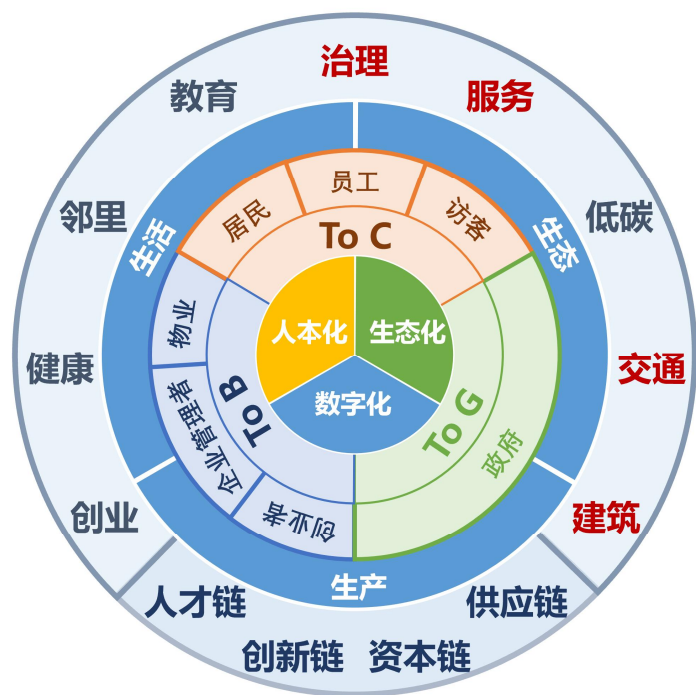


**城区DEM蕴含丰富的语义信息才能满足精准分析需求**  
**激光扫描+倾斜摄影测量+城建数据 (不透水面、排水等)**



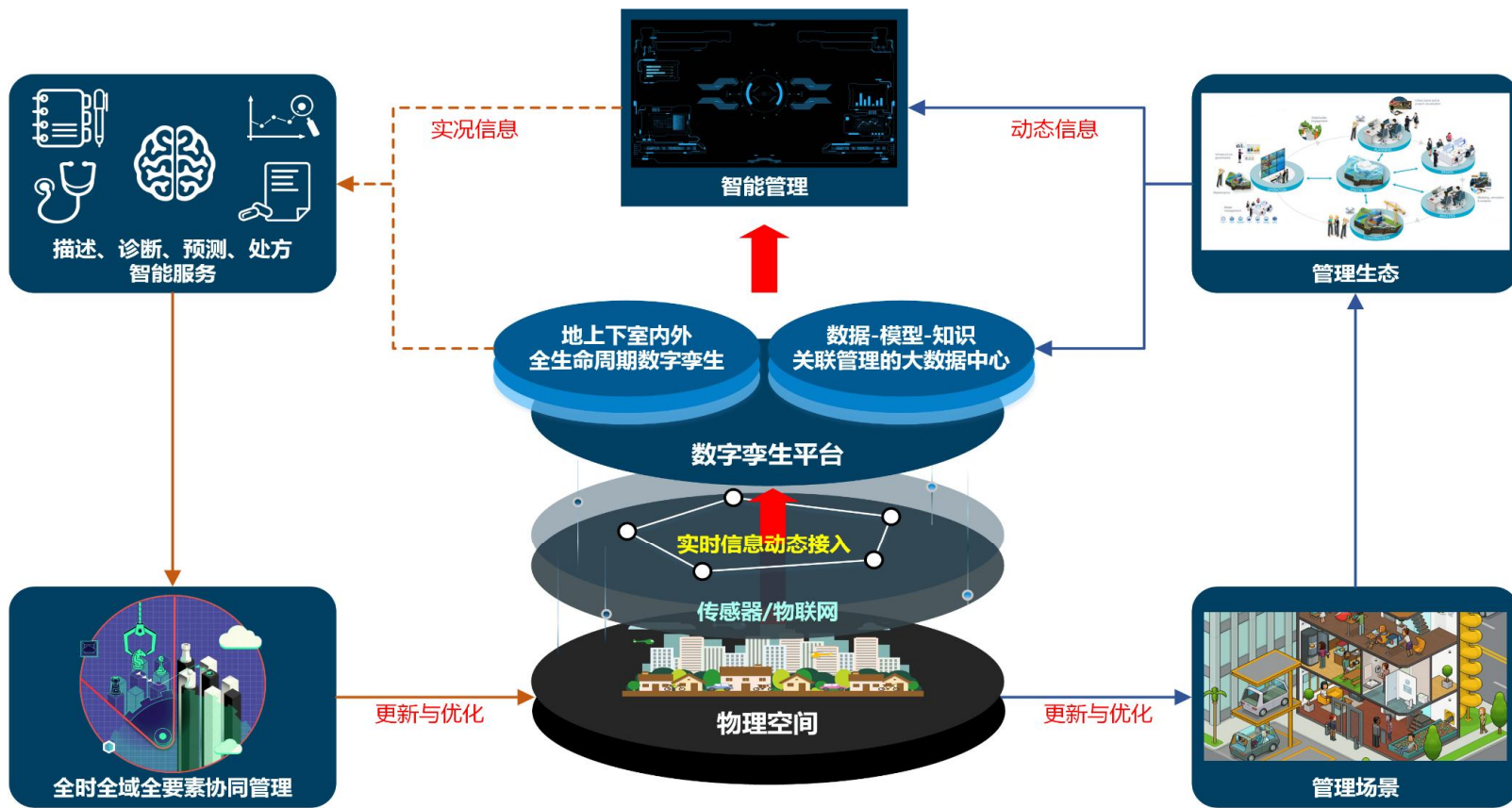
“城市管理应该像绣花一样精细”

基于数字孪生模型：跨行业无界生态，让美好生活零距离

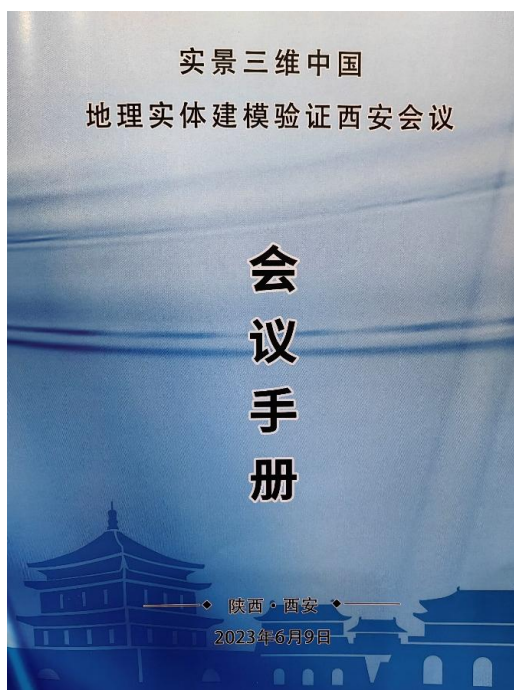


# 可持续迭代的数字孪生创新模式

正向规划建设与更新、逆向反馈演绎优化  
纵向虚实共生、横向互馈演绎



# 实体分类与编码应全国统一标准规范，而且要在三维空间进行设计才能确保唯一性。



**地物实体：**地物实体是指现实世界中存在的地理对象，包括自然地理对象、人工设施等。地物实体的分类采用了GB13923的基本分类框架，按照地理实体的定义与内涵进行了梳理、合并、调整、摒弃、扩充。

### 合并

- 同一类实体不再区分依比例尺、半依比例尺、不依比例尺。
- 同一类实体不再按符号、线型表达不同细分。
- 同一类实体不再按功能区分，如：桥梁、堤坝不再按能否通车或人细分，矿井不再按井的性质、井口形状细分等。
- 同一类实体不再按空间位置不同细分，如：地上、地下、地面、架空的管线、花坛等。
- 同一类实体不再按现存状态细分，如：建筑中的道路、废弃的矿井等。

### 摒弃

删除了测量控制点、数学基础、示意性符号（流向、入地等）各类性质说明性注记等类别。

### 调整

根据管理的要求对个别对象分类进行了调整。如：城市绿地按照城市绿地所起的作用和城市绿地管理主体的不同，将原有的人工绿地、花圃、带状绿化树重新划分为：公园绿地、防护绿地、广场绿地、道路绿地、院落绿地等。

### 扩充

对新产生的地理对象或与地理位置密切相关的管理对象其进行实体定义与扩充，如：院落、城市绿道、机动车停车位、机动车充电桩、共享单车停车位等地理实体。

**“三区三级”精度划分：**按照“只测一次”的原则，根据国土空间区域的划分（城镇空间、农业空间、生态空间），对应将地理实体的精度划分为三个精度区域，不同区域精度不同；同类区域内，根据地理实体在应用中的不同精度需求进一步将不同类别地理实体精度划分为三个精度等级。

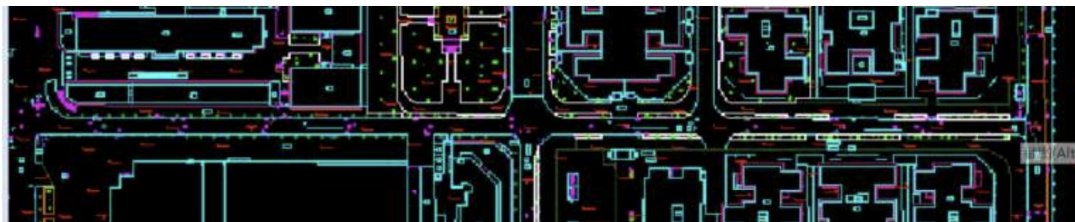
精度等级 区域	一级精度		二级精度		三级精度	
	平面	高程	平面	高程	平面	高程
城镇空间	5 cm	5 cm	25 cm	15 cm	40 cm	25 cm
农业空间	5 cm	5 cm	100 cm	35 cm	150 cm	50 cm
生态空间	5 cm	5 cm	250 cm	85 cm	375 cm	130 cm

**粒度设计：**采用了由空间粒度和语义粒度组成的实体粒度设计思路。在遵循基础性原则下，结合自然资源和城市管理需要，确定空间粒度。同时，针对同一空间粒度实体，根据具体行业管理需求，通过完善语义信息，实现更细粒度划分。

## 道路实体，分为路口和路段，是否还要考虑车道等呢？

**地理实体粒度**(地理实体数据采集和表达的基本空间单元)。**设计了由空间粒度和语义粒度组成的实体粒度**。在遵循基础性原则下，**充分研究和分析行业相关管理办法和技术文件**，明确管理对象，在此基础上确定空间粒度。同时，针对同一空间粒度实体，根据具体行业管理需求，通过完善语义信息，实现更细粒度划分。**最终目的：减少实体分类，提升应用能力。**

传统地形图



实体化



地物实体

如：一条道路实体由路口实体、相邻两个路口之间的路段实体组成。

对于不同的路段实体，其路面材质可能不同，这种情况下就可通过补充不同的语义信息进行粒度细化。

## 实景三维中国建设

需求与应用赋能分析专题报告

2023年4月9日

### 主要问题

1. **标准层面**，实景三维的标准体系不完善
2. **组织层面**，国省市县“一盘棋”的工作格局还没形成
3. **技术层面**，实景三维的关键技术有待突破
4. **产品层面**，基础地理实体的关系表达过于复杂，不便于生产实施
5. **人才层面**，实景三维专业技术人才数量不够
6. **应用层面**，实景三维数据的应用领域还不宽
7. **装备层面**，自主可控的国产化实景三维数据处理软硬件装备有待完善

### 对策建议

1. **完善实景三维中国标准体系**
2. **构建实景三维中国信息基础设施**
3. **建立实景三维中国公共服务门户**
4. **升级实景三维中国技术体系**
5. **构建实景三维中国产品体系**
6. **创新实景三维中国服务模式**
7. **提升实景三维中国的业务融合能力**
8. **形成开放共享安全有序的应用生态**

- ① 从实景三维建模到数字孪生建模，亟需更有针对性、多学科交叉融合、智能化、自动化、低成本的技术
- ② 多细节层次的实景三维模型数据与物联网传感网实时感知数据的高效利用亟需数据-模型-知识集成处理的通用地理空间智能
- ③ 切实推进实景三维数据、数字孪生技术与业务应用的深度融合

—— 自立自强





# Thank You All!

**GISTC** | 2023地理信息软件技术大会  
空间智能 因融至慧 | 2023 Geospatial Information Software Technology Conference