
数字孪生水利构建技术与应用实践

目录

第一部分：数字孪生水利构建技术

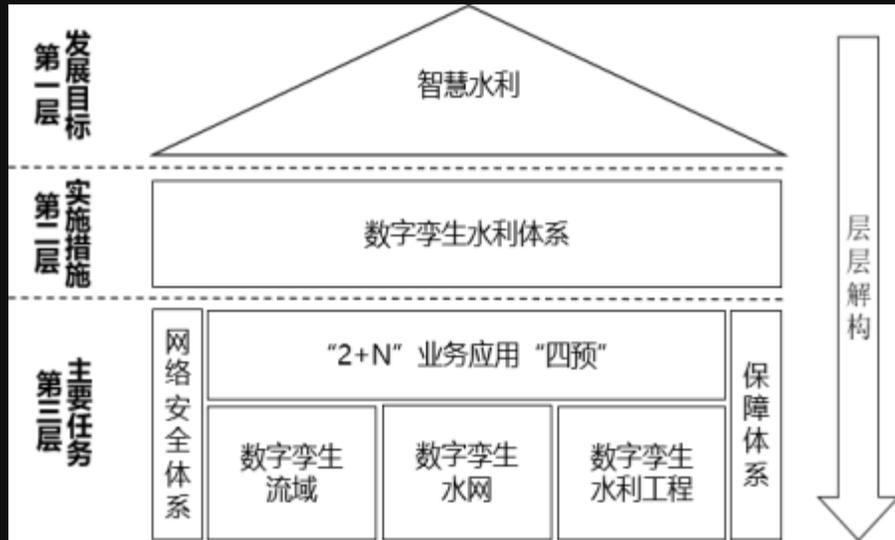
第二部分：数字孪生海河的应用实践

01

数字孪生水利构建技术

一、背景

水利部把**建设数字孪生水利**作为推动新阶段水利高质量发展的**六条实施路径之一**，通过2022和2023年两年的先行先试工作和技术攻关，总结提炼了构建数字孪生水利的关键技术难题，提出了解决难题的思路方法。



数字孪生水利层次关系图



数字孪生水利总体架构

一、背景

建设目标

至“十四五”末，
按照“突出重点、急用先建”的原则，建成七大江河数字孪生流域；
按照“规划先行、先导推进”的原则，骨干水网中的数字孪生南水北调中线基本建成，省级数字孪生水网取得突破；
按照“重点提升、同步新建”的原则，大江大河重要控制性枢纽基本建成数字孪生工程；
在重点防洪地区实现流域防洪“四预”，在跨流域重大引调水工程、跨省重点河湖基本实现水资源管理与调配“四预”，水利工程建设与运行管理、河湖管理、水土保持、农村水利水电等N项业务智能应用水平大幅提升；
数据共享和网络安全防护能力明显增强。
为新阶段水利高质量发展提供有力支撑和强力驱动。

实施路径

顶层
设计

技术
攻关

先行
先试

推广
建设

二、数字孪生水利构建技术

1. 算据方面：丰富算据

1.1 “天空地水工”一体化监测感知体系

1.2. 雨水情监测预报“三道防线”构建技术

1.3. 地理空间数据底板构建技术

1.4. 顾及水系连通性的HDEM构建方法

1.5. 水下地形数据处理技术

1.6. 水利对象一体化组织技术

2. 算法方面：优化算法

2.1 数据知识融合驱动模型构建技术

2.2 遥感GIS一体化和AI识别技术

2.3 大模型赋能知识平台

3. 算力方面：提升算力

3.1 全国产化适配技术

4. 应用方面：强化业务“四预”

4.1 业务“四预”构建技术

4.2 研发基于超额水量分配的水库群逆向调度技术

二、数字孪生水利构建技术（丰富算据）

1.1 “天空地水工”一体化监测感知体系

各类监测手段形成的时空、范围、要素、精度、频次等方面**互补协同**的技术体系：

“**天**”利用光学卫星、SAR卫星、重力卫星、气象卫星以及北斗等技术装备，实现对流域下垫面、河湖水体、洪涝灾害、工程面貌等的**大尺度全局**监测感知；

“**空**”利用**无人机**、高塔等设施设备，搭载激光雷达、天气雷达、测雨雷达等监测仪器，实现对水域岸线、蓄滞洪区、山洪灾害易发区等重点区域的地形、雨情等要素的**中小尺度高精度动态及时**监测感知；

“**地**”指对河湖水体及水利工程以外的水利要素监测方式，主要利用雨量站、蒸发站、地下水测站、土壤墒情站、视频监控站等**地面监测设施设备**，实现对关键点位雨情、蒸发、地下水位、墒情等要素的**精准实时**监测感知；

“**水**”利用声、光、电、无人船等监测技术装备，实现对河湖水体的水位、流速、水质、泥沙含量、水下地形、水生生物等**水中水下要素的精准自动化**监测感知；

“**工**”利用渗压计、光纤光栅、应变计、震动仪、测量机器人、水下机器人等手段，实现对水库大坝、堤防、水闸、隧洞等**水利工程内外的渗流渗压、位移形变、应力应变等工情险情要素的实时精细**监测感知。

二、数字孪生水利构建技术（丰富算据）

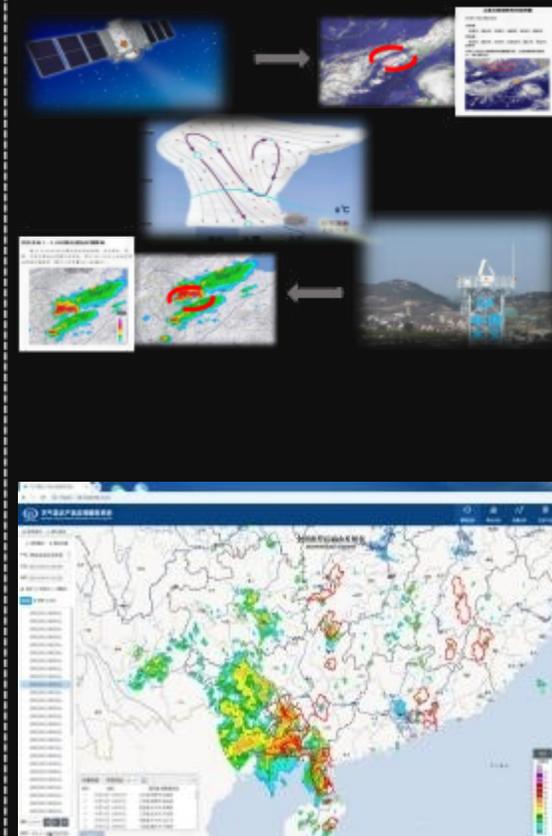
1.2 雨水情监测预报“三道防线”构建技术

扩展第一道防线（卫星云图与测雨雷达）：在“云中雨”监测预报的基础上，耦合流域产汇流水文模型和洪水演进水动力学模型，开展产汇流及洪水演进预报，有效延长洪水预见期；

加密第二道防线（雨量站）：在“落地雨”监测预报基础上，对接“第一道防线”监测预报成果，持续率定流域产汇流水文模型和洪水演进水动力学模型参数，实时更新模型输入，迭代优化监测预报结果，在保证洪水预见期的同时，提高洪水预报精准度。

合理布设第三道防线（水文站）：对接“第二道防线”监测预报成果，迭代优化洪水演进预报并向下游水文站或断面逐级传递，实现河系滚动传导预报，进一步提高洪水预报精准度。

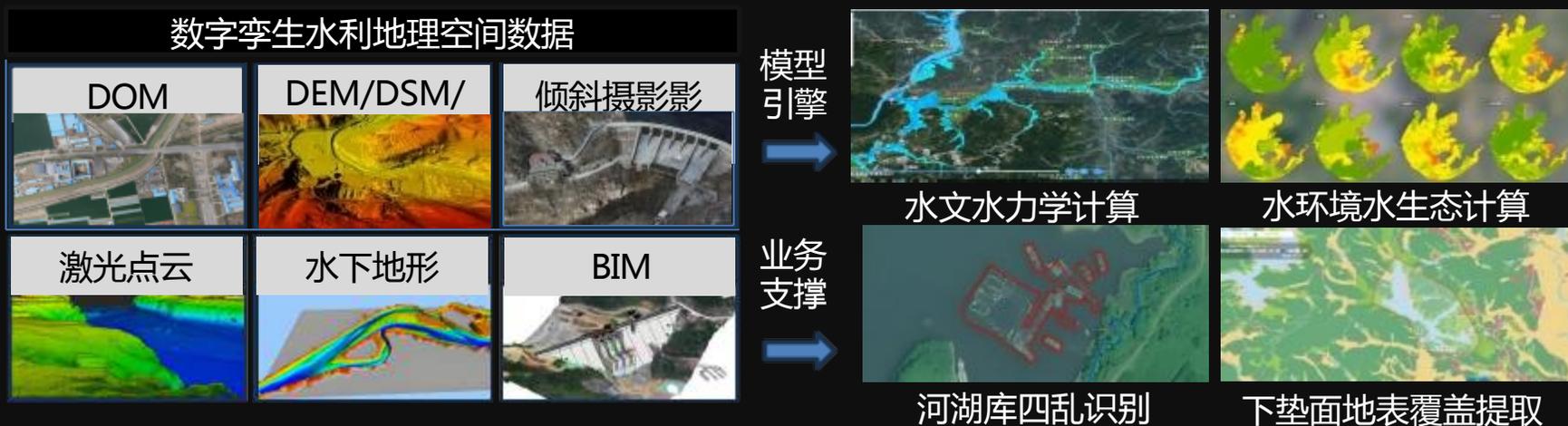
“三道防线”是一个统一整体，各道“防线”相互促进，实现延长洪水预报预见期和提高预报精准度的有效统一。



二、数字孪生水利构建技术（丰富算据）

1.3 地理空间数据底板构建技术

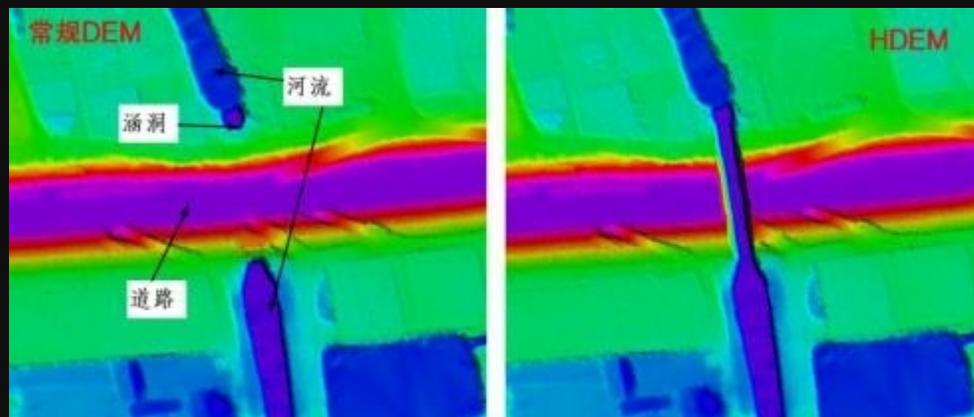
基于**激光雷达、倾斜摄影测量、卫星立体测图、影像微分纠正、波束回声探测、建筑信息集成**等技术获取**流域下垫面影像、水上水下地形、地表形态和建筑信息模型**，经**数据融合、数据评价**等处理，**耦合数据模型和数据引擎**，**构建多时空尺度、多源异构数字孪生水利地理空间数据底板**，支撑**水文水力学、水环境水生态、河湖岸线管控**等模型计算和综合水利信息提取。



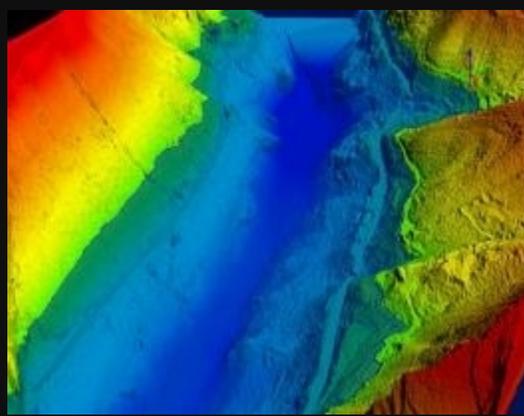
二、数字孪生水利构建技术（丰富算据）

1.4 顾及水系连通性的HDEM构建方法

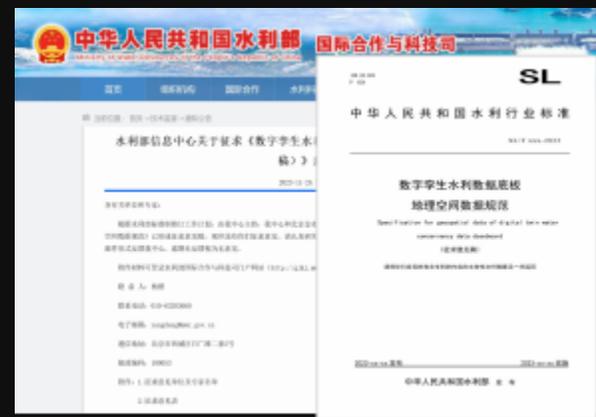
统筹考虑堤防、大坝、圩垸、涵洞、倒虹吸、桥梁等涉水建构筑物对水系连通的影响，提出了水利地形HDEM概念，创建了顾及通水建筑物去除、阻水构筑物增补和
水下地形嵌刻的局部高程修正的HDEM构建方法，解决了传统DEM在水利领域应用存在水系连通失真问题。



水系上下游一贯连通
准



水上水下一体融通



部颁技术文件及行业标

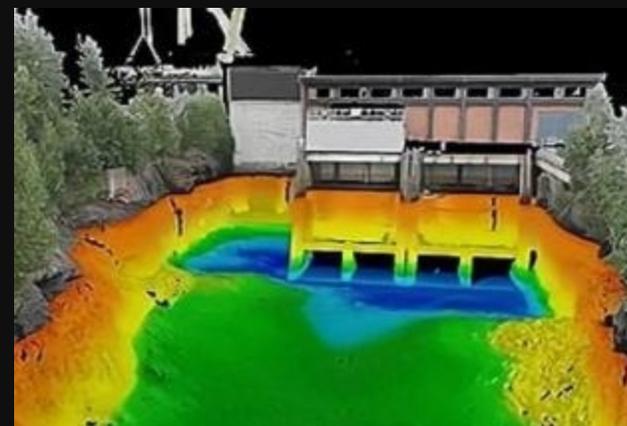
二、数字孪生水利构建技术（丰富算据）

1.5 高精度河道地形数据处理技术

为满足流域防洪等重点水利业务工作对高精度河道地形数据的应用需求，按照水利专业模型计算的技术指标要求加工处理生成河道断面数据集，采用国家认定的地理信息保密处理技术进行处理后，生成非涉密环境可用的数据成果，对河道管理范围内的陆域地形和水下地形数据成果进行融合处理，形成水下、地上一体化高精度地形融合数据。



高精度河道地形数据处理流程



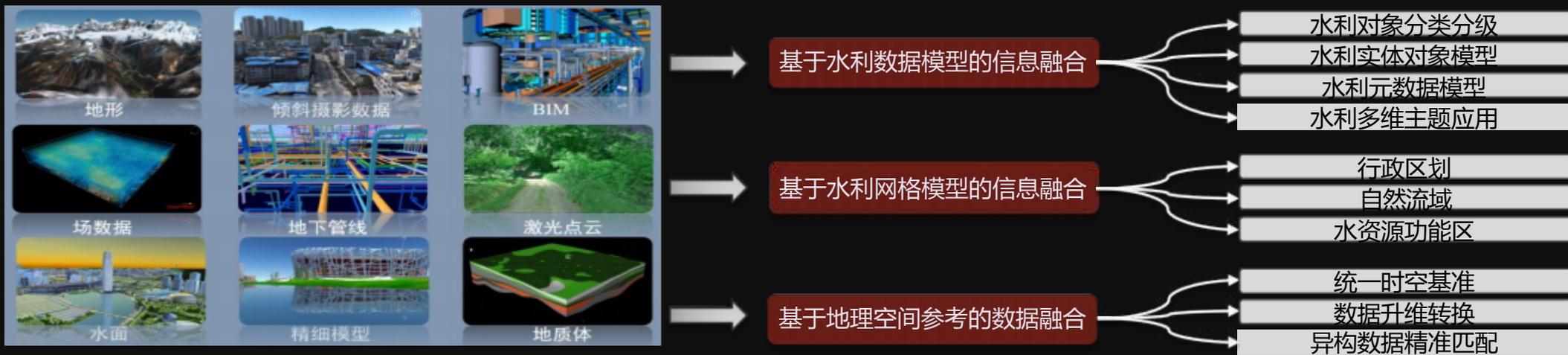
河道地形融合样例

二、数字孪生水利构建技术（丰富算据）

1.6 水利对象一体化组织技术

构建**水利数据模型**，实现对水利对象的空间特征、关系特征和时间特征的一体化组织。

根据行政区划、自然流域、水资源功能区和数值计算等需求，构建**水利网格模型**，形成一套多元化、精细化、个性化的**水利网格化体系**，支撑水利业务应用多目标、多层次复杂需求。



二、数字孪生水利构建技术（优化算法）

2.1 数据知识融合驱动模型构建技术

知识驱动方法与数据驱动方法是指
导工程人员研究洪水预报的两大方法
论，通过数据知识融合驱动实现对问题
全局和局部特征，规则与经验的有机结
合，实现预报综合性能的提升。

知识与数据驱动方法

知识驱动方法

- ◆考虑问题整体
- ◆机理模型
规则描述
- ◆问题本质
新理论

数据驱动方法

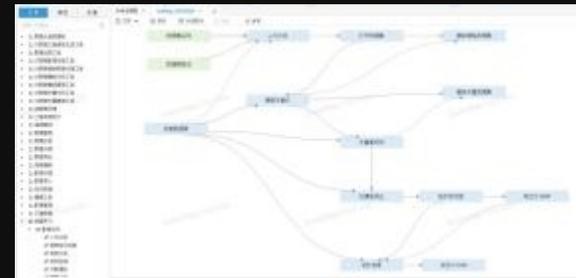
- ◆有限场景下数据样本
- ◆经验模型
挖掘问题特征
- ◆关联关系

二、数字孪生水利构建技术（优化算法）

2.2 遥感GIS一体化技术和AI识别技术

利用**遥感GIS一体化技术**，打造遥感影像生产、解译识别和服务应用**一体化流程**。

卫星遥感和人工智能（AI）技术的融合应用，研发了临河房屋等11类河湖主要地物AI识别模型，支撑了全国河湖“清四乱”、妨碍河道行洪突出问题排查整治等专项工作。通过多区域、多传感器、多时相和多地形等维度，分析现有算法模型典型问题，增加模型主干网络算法参数量，提升不同地类的特征融合，优化预测算法架构，通过样本+算法+应用的闭环式迭代优化AI模型，持续提升模型精度和性能。



影像生产、解译流程可视化编排



基于AI水体提取效果



基于AI建筑物提取效果

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：
<https://d.book118.com/325031002243011304>