

北京央企部委及
大型企业CIO年会

数据赋能海河23·7流域性特大洪水防御

水利部信息中心 蔡阳

2024年1月20日，北京

水利部将**推进智慧水利建设**作为推动新阶段水利高质量发展的六条路径之一，把建设**数字孪生水利体系**作为推进智慧水利建设的**实施措施**。水利部近两年先后从**行政、规划、工作、技术**四个层面制定印发了系列文件，**完成了顶层设计**；开展了系列的**技术攻关**；全面推进了数字孪生水利建设**先行先试**。

通过先行先试，数字赋能流域防洪方面取得**成功实践**，发挥了重要作用，实现了多项突破，取得了经验和启示。

数字孪生水利建设面临难得的发展机遇，同时也面临严峻挑战，坚持“需求牵引、应用至上、数字赋能、提升能力”，攻坚克难，扎实工作，推进数字孪生水利**健康发展**。

目录

第一部分 关于数字孪生水利建设

第二部分 数字孪生水利的应用实践

一

是什么
定位定义

二

为什么
形势要求

三

建什么
建设目标

四

怎么建
实施路径

定义定位一定义

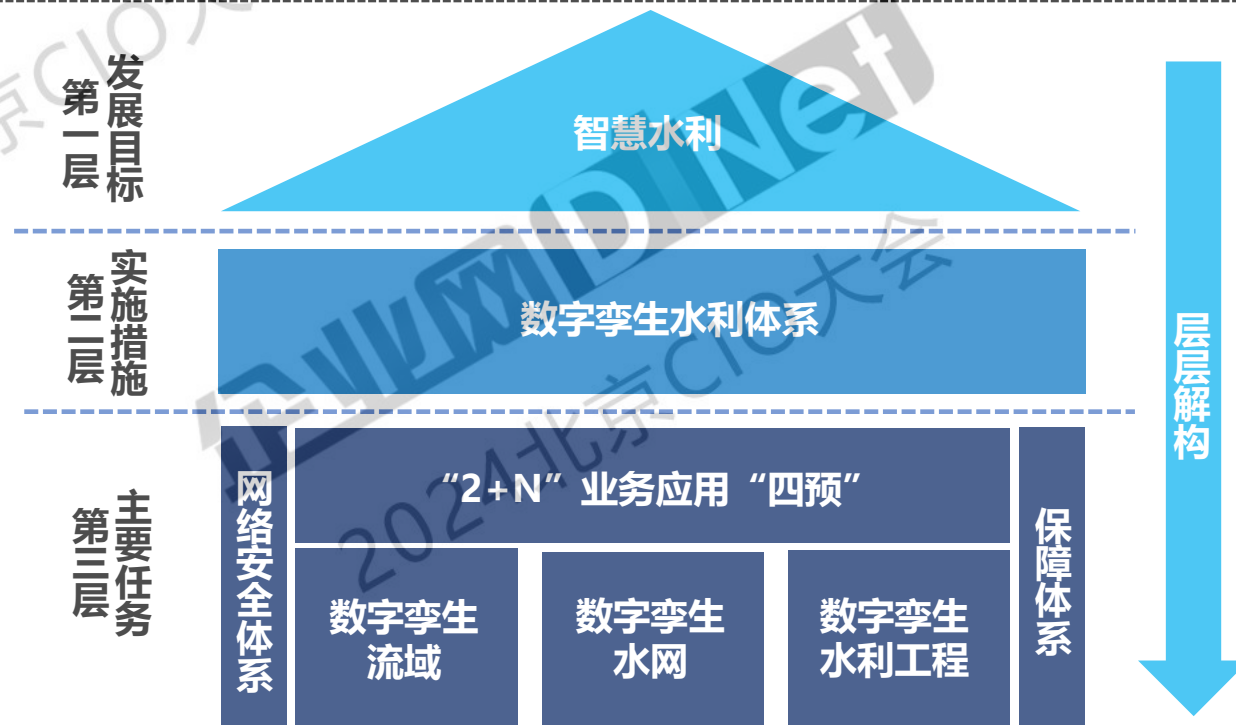
智慧水利——全局性大目标，是水利高质量发展的显著标志，是大方向和趋势。推进智慧水利建设是推动新阶段水利高质量发展的六条路径之一。

建设数字孪生水利——实施措施，统筹建设数字孪生流域、数字孪生水网、数字孪生水利工程，构建具有“四预”功能的**数字孪生水利体系**。

◆ 第一层：明确发展方向，即智慧水利

◆ 第二层：实施措施，即建成具有“四预”功能的数字孪生水利体系

◆ 第三层：主要任务，即“三个孪生”和“2+N”业务“四预”



定义定位一定义

数字孪生水利是充分运用物联网、云计算、大数据、人工智能、虚拟现实等新一代信息技术，**建设数字孪生流域、数字孪生水网、数字孪生水利工程等新型基础设施**，实现流域防洪、水资源管理与调配等“2+N”业务应用**预报、预警、预演、预案（“四预”）功能的综合体系**，提升水利治理管理数字化、网络化、智能化水平，为新阶段水利高质量发展提供有力支撑和强力驱动。

数字孪生流域是以**物理流域为单元**、时空数据为底座、数学模型为核心、水利知识为驱动，**对物理流域**全要素和水利治理管理活动全过程进行数字映射、智能模拟、前瞻预演，与物理流域同步仿真运行、虚实交互、迭代优化，实现对物理流域的**实时监控、发现问题、优化调度**的**新型基础设施**。

数字孪生水网是以**物理水网为单元**、时空数据为底座、数学模型为核心、水利知识为驱动，**对物理水网**全要素和水利治理管理活动全过程进行数字映射、智能模拟、前瞻预演，与物理水网同步仿真运行、虚实交互、迭代优化，实现对物理水网的**实时监控、联合调度、风险防范**的**新型基础设施**。

数字孪生水利工程是以**物理水利工程为单元**、时空数据为底座、数学模型为核心、水利知识为驱动，**对物理水利工程**全要素和水利治理管理活动全过程进行数字映射、智能模拟、前瞻预演，与物理工程同步仿真运行、虚实交互、迭代优化，实现对物理工程的**实时监控、发现问题、优化调度**的**新型基础设施**。

定义定位一定义

预报

基本内涵是以流域为单元，遵循客观规律，在总结分析典型历史事件和及时掌握现状的基础上，根据业务需求，采用基于机理揭示和规律把握、数理统计和数据挖掘技术等数学模型方法，对水安全要素发展趋势**做出不同预见期（短期、中期、长期等）的定量或定性分析，提高预报精度、延长预见期。**

预演

基本内涵是**在数字孪生流域中对典型历史事件、设计、规划或未来预报场景下的水利工程调度进行模拟仿真**，正向预演出风险形势和影响，逆向推演出水利工程安全运行限制条件，**及时发现问题，提出防风险措施，迭代优化方案。**

预警

基本内涵是**制定水利灾害风险指标和阈值**，拓宽预警信息发布渠道，及时把江河洪水、山洪灾害、渍涝灾害、工程灾害、干旱灾害、冰凌灾害、供水危机、水域空间占用、水生态环境危害及相关次生灾害等预警信息**直达水利工作一线和受影响区域的社会公众**，及时采取**应急处置**措施，做好防灾**避险准备**。

预案

基本内涵是依据预演确定的方案，预案的基本内涵是依据预演确定的方案，**制定执行预案**，主要包括水利工程运用次序、时机、规则和非工程措施，明确调度机构、权限和责任，以及信息报送流程和方式等，并**组织实施**。

党的二十大报告

加快建设网络强国、
数字中国

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》

构建**智慧水利体系**，以流域为单元提升水情测报和智能调度能力

《数字中国建设整体布局规划》

构建以**数字孪生流域**为核心的智慧水利体系

《国家“十四五”新型基础设施建设规划》

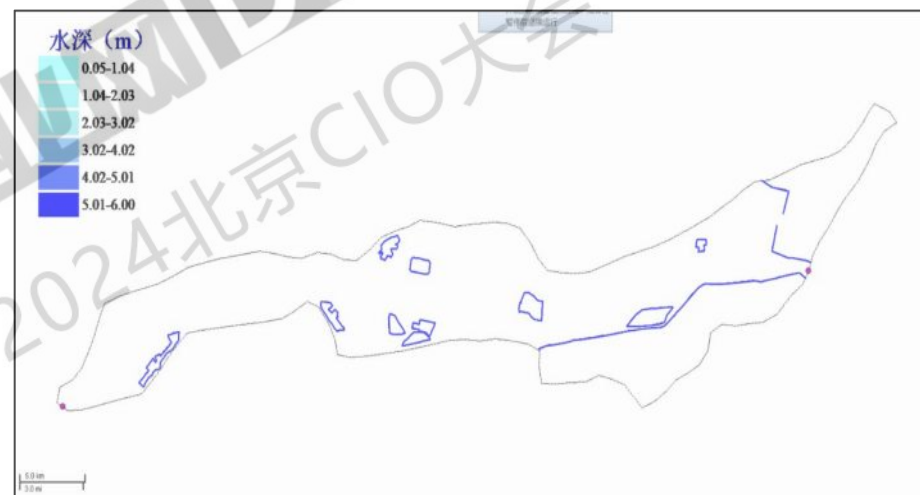
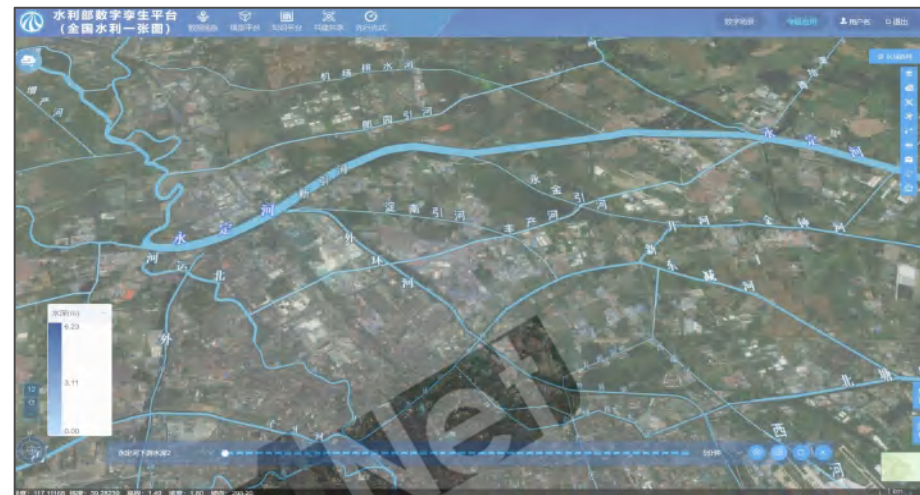
推动**大江大河大湖数字孪生**、智慧化模拟和智能业务应用建设

二 形势要求—内在需要

复杂水利系统调控现实需要

水利是一个大物理尺度的系统，无法通过物理实验验证所有边界条件。

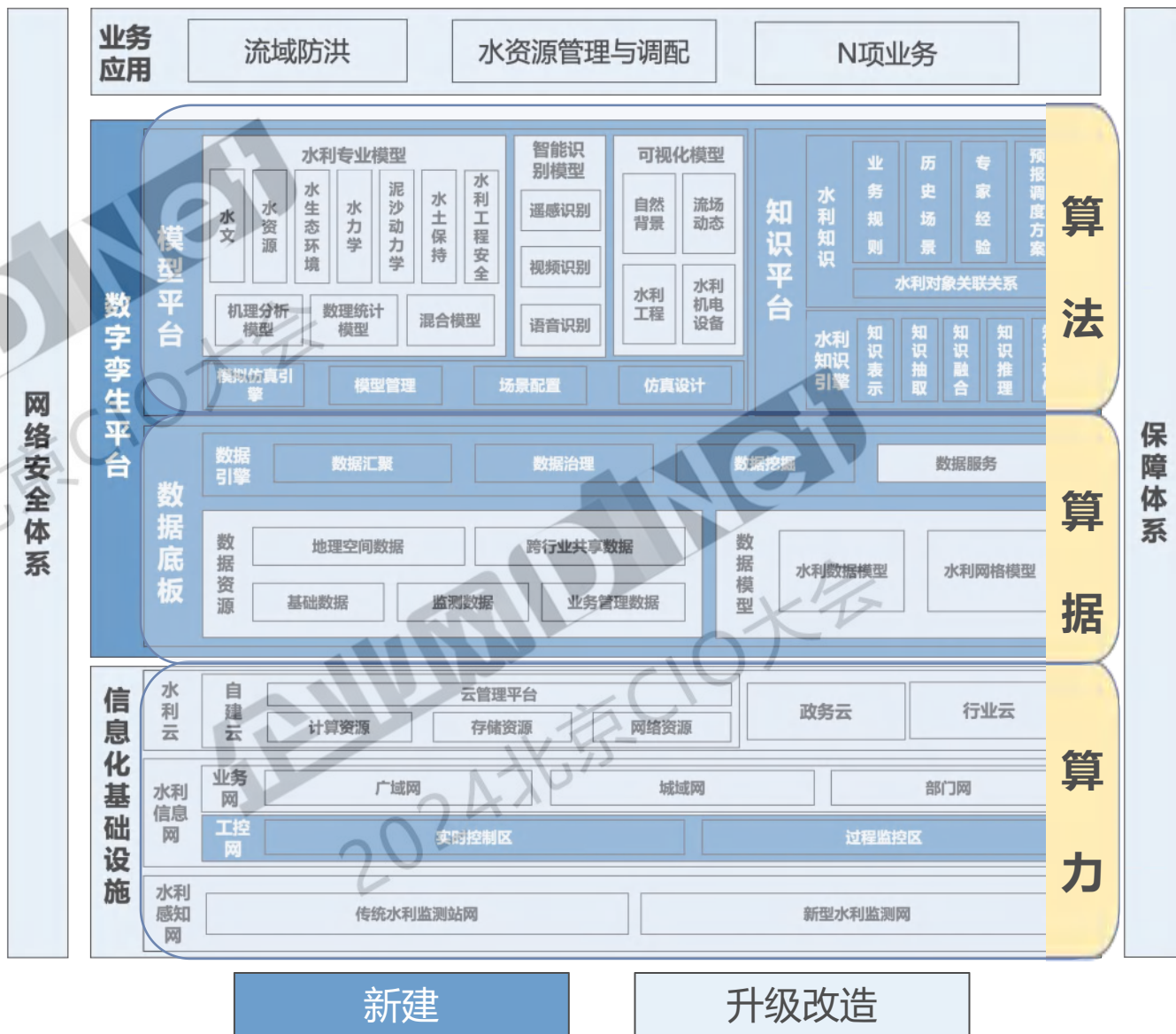
通过在数字空间为物理世界构造出一个孪生体，
通过历史和实时的各类信息的有效汇集，虚拟再现真实的复杂系统，特别是针对一些极端情况并未遇到过，但可以通过设置指标条件，通过物理模型或数字模型进行模拟仿真，进而对物理水利**实时监控、发现问题、优化调度，**最终达到**风险提前发现、预警提前发布、方案提前制定、措施提前实施。**





建设目标

至“十四五”末期，
建成水利部和七大江河数字孪生流域；
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；
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“预报预警预演预案（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”**，**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。



四 实施路径

顶层设计

从**行政、规划、工作、技术**等层面出台包括**数字孪生流域**在内的系列文件，明确了路线图、时间表、任务书、责任单。

先行先试

数字孪生流域建设先行先试全面开展先行，在重点和难点领域选择先试，以期取得重点突破。其间，技术指导人、业务指导人、责任专家持续指导把关，去年，部已完成各单位先行先试工作中期评估，并发布中期评估结果；今年**水利部强化指导，加强调度，树立典型，努力打造样板**，为数字孪生水利全面建设打下坚实基础。

技术攻关

通过重点研发计划、水利部重大科技项目开展数字孪生流域**监测感知、模型平台、仿真推演、网络安全**等相关技术攻关。

推广建设

首个数字孪生流域建设重大项目——**长江流域全覆盖水监控系统建设项目**开工建设；**数字孪生流域建设工程**积极推进；中央财政将在今年四季度增发2023年国债10000亿元，集中力量支持灾后恢复重建和弥补防灾减灾救灾短板，其中包括数字孪生水利建设内容。

目录

第一部分 关于数字孪生水利建设

第二部分 数字孪生水利的应用实践

海河23·7洪水防御应用实践

一

雨水情特点

二

建构数字孪生
海河

三

防洪“四预”

四

取得成效

五

几点体会

一 雨水情特点

京津冀地区特殊的地貌格局决定了防汛的重要性：一是**地域重要**，重要城市：首都、雄安以及天津、石家庄，重要基础设施：大兴机场、南水北调；二是**人类活动剧烈**，多来不来水，下垫面变化大；三是**地下水超采严重**，水量不平衡，预报精度低；四是**源短流急**，位于太行山、燕山山脉前缘，山前到平原过渡带短，河流水系呈扇形分布，源短流急，洪水陡涨陡落，极易在短时间内发生暴雨洪水。

7月28日至8月1日，受台风“杜苏芮”北上与冷空气交绥影响，**海河发生流域性特大洪水**，其中，大清河、永定河发生**特大洪水**，子牙河发生**大洪水**。

本次洪水呈现**降水范围广总量大、暴雨时空集中强度大、洪水并发量级大、洪水涨势猛演进快、径流总量大地下水回补多**等五大特点。

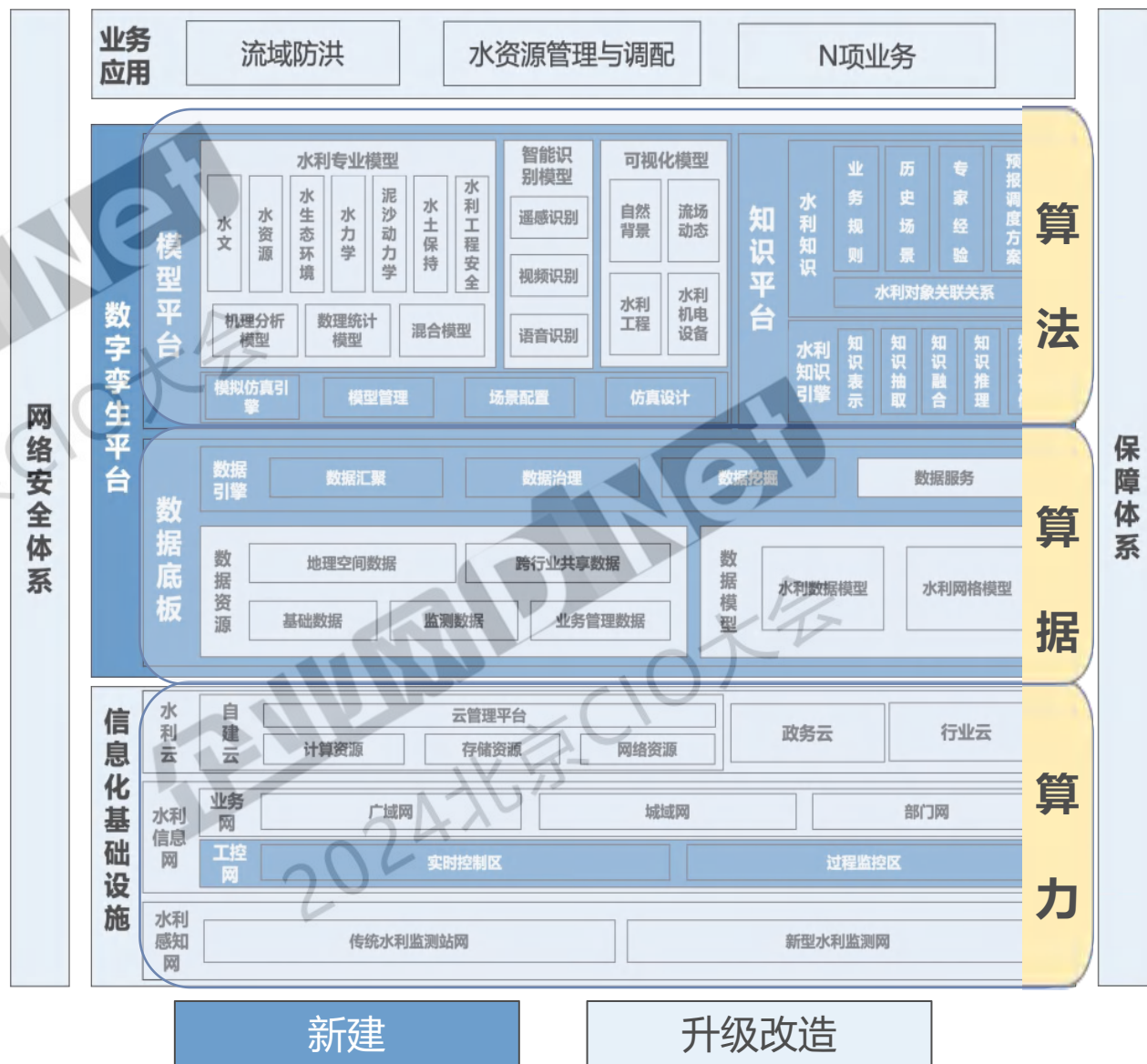
二 构建数字孪生海河

汛前依托国家重点研发计划进行技术攻关，基于**全国水利一张图**构建**“数字孪生平台”**，2023年6月20日进行了发布。

洪水期间积极利用**卫星遥感、无人机、视频监控**等多种技术手段，强化**天空地多源信息融合**，夯实**“算据”**基础；

持续完善**模型平台**，开发**知识平台**，强化**“算法”**核心。

在X86云平台基础上，扩建信创云平台，建成12800核CPU、52TB内存的ARM资源池，运行虚拟机2000个，搭建每秒58.3万亿次双精度浮点计算的高性能计算集群，做实**“算力”**支撑。

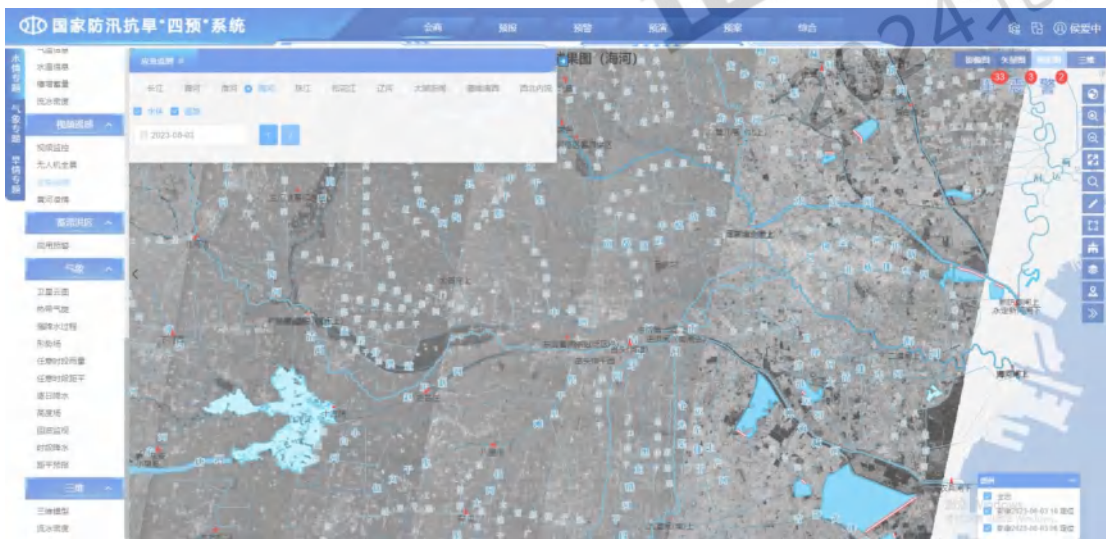


二 构建数字孪生海河--获取算据（基础数据）

利用激光雷达、倾斜摄影等构建海河流域高精度**地理空间数据底板**；汇聚更新海河流域河流、国家蓄滞洪区、大中型水库、堤防等**基础数据**。

逐一复核完善海河流域水库与测站关系，实现蓄滞洪区范围内**堤防、口门、进退洪闸、安全区等8类对象和视频监控点关联**。

开展水库重要指标一致性自动比对，分析水位及库容等特征值问题数据，**建立与水库管理单位、水库责任人快速校核应急机制**。





构建数字孪生海河--获取算据（动态数据）

加强天空地一体化监测，全方位感知暴雨洪水态势。

交换汇集1874个地面监测站、280个地面应急监测点**实时监测水情信息。**

利用**气象卫星和测雨雷达**进行精细化降雨监测，发布测雨雷达预警1873次、涉及6100乡镇次，气象卫星预警160次、涉及3096地市次。

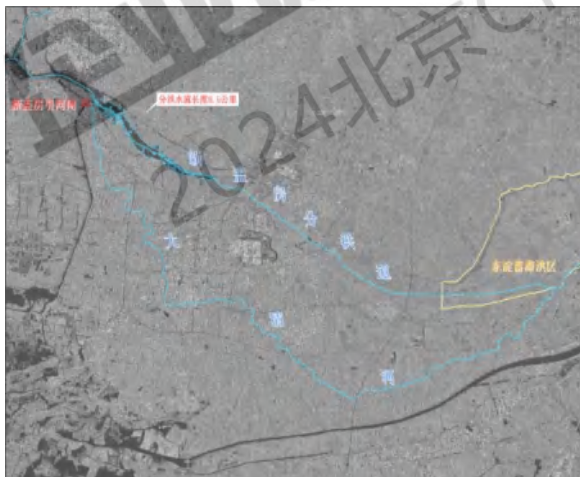
利用**13颗雷达、光学卫星**遥感数据、**20架次无人机航摄**数据、近万路**视频监视点**位滚动跟踪洪水演进。

天空地多源监测信息融合，开展了持续跟踪监测，天空地多源信息在线融合应用。



构建数字孪生海河--获取算据 (动态数据)

卫星遥感全程跟踪监测蓄滞洪区—东淀蓄滞洪区



8月1日7时，大清河新盖房分洪道泄流长度约8.5公里



8月1日18时，泄流长度达17.8公里，水头距离东淀蓄滞洪区5.5公里



8月3日10时，东淀蓄滞洪区内水头前进约18公里



8月9日11时，东淀蓄滞洪区大清河以北部分已基本全部蓄水

三 构建数字孪生海河--获取算据 (动态数据)

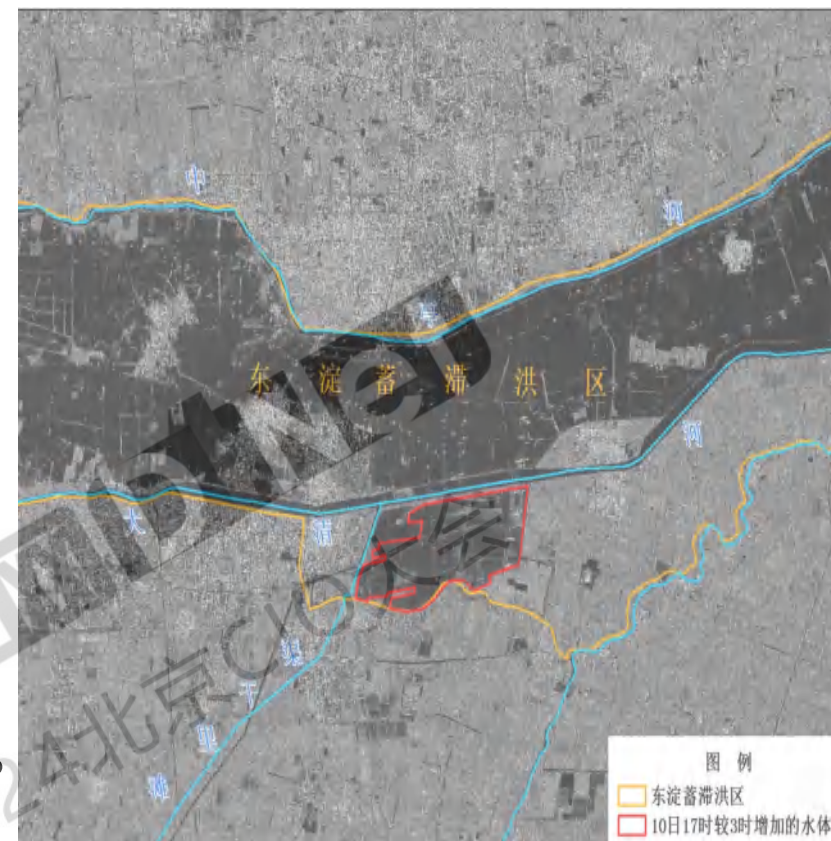
卫星遥感全程跟踪监测蓄滞洪区—动态监测工程险情

滩里干渠右堤：8月10日3时，滩里干渠右岸（距离大清河右岸约400米处）出现**漫溢溃口**，洪水漫流进入东淀蓄滞洪区大清河以南地区，**漫溢水体面积约0.54平方公里**。

8月10日17时，漫溢水体范围持续扩大，较10日3时增加**8.68平方公里**。

8月11日18时，漫溢水体面积增大大约**1.40平方公里**。

8月12日6时，漫溢水体已平稳，不再继续扩大。



8月10日17时18分雷达卫星影像，黑色为水体
滩里干渠漫溢溃口雷达卫星影像

无人机精细监测工程险情和河道行洪情况—无人机数据共享平台

加强多源信息融合验证，确保险情信息准确可靠，8月2日11时，通过兰沟洼蓄滞洪区卫星遥感影像，初步解译判定白沟河右堤西茨村附近出现长度**约90米的缺口**；8月2日12时，经无人机全景影像详细判断白沟河东茨村左堤抢筑的月牙堤**存在溃口**，**溃口外东茨村受淹**，白沟河西茨村南侧存在约90米长缺口，白沟河内洪水外流淹没村庄和农田，白沟河右堤存在2个缺口，兰沟洼蓄滞洪区西茨村村庄和农田受淹。



二

构建数字孪生海河--获取算据（动态数据）

视频监控实时准确掌握分洪、行洪情况—监控访问

通过水利部视频级联集控平台级联接入北京水利监视点位2044路、河北省8753路视频监控点位，有效**弥补水文测站水毁**情况下的洪水水情估算，7月31日，调阅卢沟桥拦河闸和分洪闸监视视频，支撑卢沟桥枢纽下泄流量调度决策，8月1—2日，调阅河北廊坊沿永定河视频监控点，跟踪洪水行进过程，支撑永定河泛区启用决策。



构建数字孪生海河--优化算法

研发水利专业、智能识别和可视化模型。研发了新安江、API、马斯京根等**模型**并实现微服务化部署，依托模型平台前处理工具、模型编排、并行计算等，初步具备预报方案快速构建、模型参数在线率定、多家模式集合预报、洪水实时动态演进、正向逆向推演计算等关键“四预”功能。

集成海河流域洪水预报方案。构建海河流域东淀、永定河等8个蓄滞洪区洪水演进方案。搭建自然背景、流场动态、水利工程、机电设备等可视化模型，在数字场景中实现模拟仿真展示。

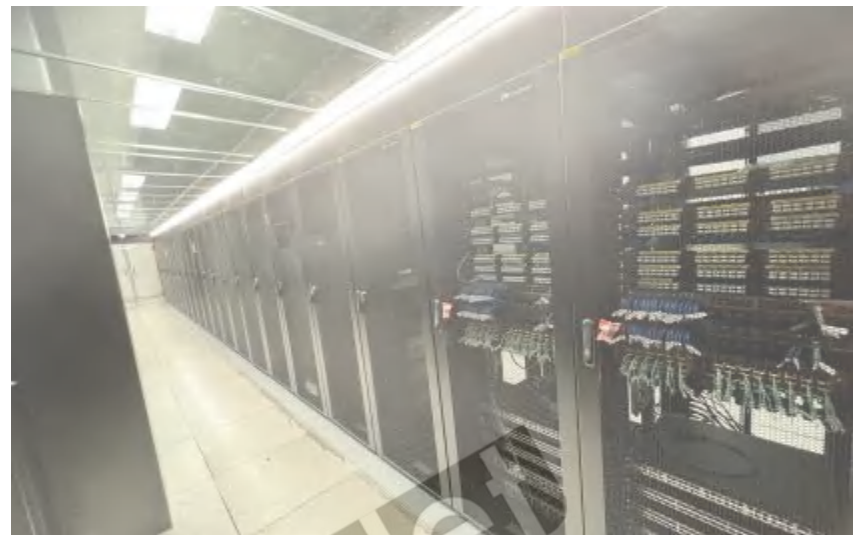
构建模拟仿真引擎。利用知识图谱构建海河流域自然汇流和人工设施相结合的断面**上下游拓扑关系**，基于图数据库快速生成任意预报节点拓扑关系概化图，支撑河系洪水预报、库群联合调度和蓄滞洪区**洪水演进**。建成水利部本级模拟仿真引擎，具备**模型注册和发布、模型编排、模型实例化**等功能。模型注册和发布方面，集成水利专业模型；模型编排方面，通过可视化流程编排工具实现模型的可视化构建；模型实例化方面，提供一系列模型前处理工具。



构建数字孪生海河--提升算力

搭建高速并行计算环境。构建水利云平台，有效支撑每日2次全国范围内的精细化预报，缩短业务处理时间1.5小时，缩短洪水作业预报时间30分钟。

持续优化完善会商调度环境。每日通过视频、蓝信等连线会商5~6次，及时沟通水库、堰闸等水工程对洪水预报的影响，特别是动态掌握蓄滞洪区启用时间、水头演进、滞蓄水量、淹没范围等调度运用状态，为海河流域洪水防御提供算力和会商支撑。



高性能计算集群



南水北调中线惠南庄视频连线

三 防洪“四预”应用

预报：加强**降雨预报和洪水预报耦合**，实现洪水预报由落地雨向空中雨转变，既延长了预见期又提高了精准度。依据预报，7月28日**启动洪水防御Ⅲ级应急响应**，7月30日把应急响应**提升至Ⅱ级**。7月27日**提前5天研判将启用6个蓄滞洪区**，关键期洪水预报精准度达到80%。

预警：本次充分利用气象卫星、天气雷达和测雨雷达的监测信息，对未来3小时内可能发生强降雨地区进行**自动风险预警**。强降水过程期间通过蓝信累计发布各类预警2155次，信息直达一线人员。

预演：建立永定河、东淀等8个蓄滞洪区的**二维水动力学洪水演进模型**，参考卫星遥感、无人机航拍等数据，实时动态调整糙率等模型参数；**提前3~4天预测东淀水头演进过程及最大可能淹没范围**；提前4天准确研判“**不启用清南分洪区**”；提前9~10天准确预测永定河、兰沟洼等**蓄滞洪区退水时间**，为蓄滞洪区科学运用、人员转移、堤防防守等提供了支撑。

预案：根据预报预警预演结果，7月28日至8月4日洪水发生发展的关键时刻，**制订15个预案，发布6个调令**。准调度流域防洪工程体系，河北、天津、河南水利部门根据蓄滞洪区运用预案，指导地方提前转移蓄滞洪区内群众**99.26万人**；京津冀组织22万余人次上堤巡查，及时处置各类堤防险情131处。

四 取得成效

本次洪水，调度京津冀**84座大中型水库**，充分拦洪削峰错峰，累计拦蓄洪水超过**28.5亿立方米**本次洪水过程，平均削峰率约为**65%**，增蓄水量**27.2亿立方米**；**8座蓄滞洪区最大滞洪约25.3亿立方米**；通过沿海4处防潮闸排入渤海洪水**35.8亿立方米**。

通过科学精细调度，**没有出现群死群伤，各类水库无一垮坝，重要堤防无一决口**，避免了**24个城镇、751万亩耕地受淹，避免了462.3万人转移**，充分发挥了流域防洪工程体系综合减灾效益，最大程度减小了洪水灾害损失。

数据赋能实现了突破：天空地一体化信息感知；开展卫星云图和测雨雷达预警；构建数字孪生海河，并基于其开展洪水预报、二维水动力学洪水演进，实现防洪能力提升。

五 几点体会

数据赋能首先要全息**感知**，这是**基础**。

数据赋能要对数据进行**治理**，这是**重点**。

数据赋能要强化**挖掘**，这是**关键**。

数据赋能要实现**智能**应用，这是**目的**。

企业网DINet
2024北京CIO大会

企业网DINet
2024北京CIO大会

谢谢

企业网DINet
2024北京CIO大会