

水工程韧性提升—应对极端事件

Improving Resilience of Water Infrastructure Project for Extreme Events

# 现代化水库运行管理矩阵

Matrix Management for Safety Operation of Reservoir Dams

水利部大坝安全管理中心 盛金保 总工/正高

Prof. Jinbao SHENG, Chief Engineer  
Dam Safety Management Center, MWR

2023年9月14日·北京

Sept. 14, 2023 • Beijing

报告  
提纲

## 现代化水库运行管理矩阵

Matrix Management for Safety Operation of Reservoir Dams

1 建设背景 Background

2 矩阵内涵 Contents of Matrix Management

3 建设要求 Requirements

4 结语 Conclusion

### 中国大坝基本情况

### Dam Construction in China

### 中国大坝建设取得辉煌成就



**长江三峡大坝**, 世界规模最大混凝土重力坝, 装机规模最大的水电站



**黄河小浪底水利枢纽**, 治理开发黄河的关键性工程, 总库容126.5亿m<sup>3</sup>



**丹江口水利枢纽**, 南水北调中线水源, 总库容290.5亿m<sup>3</sup>, 年调水95亿m<sup>3</sup>



**锦屏一级双曲拱坝**305m, 已建世界最高大坝



已建世界最高混凝土面板堆石坝, **水布垭大坝** (233m), 在建**大石峡面板堆石坝** (247m)



已建世界最高碾压混凝土重力坝 **龙滩水电站大坝** (216m)



已建世界最高沥青混凝土心墙堆石坝, **去学水电站大坝** (164.2m)



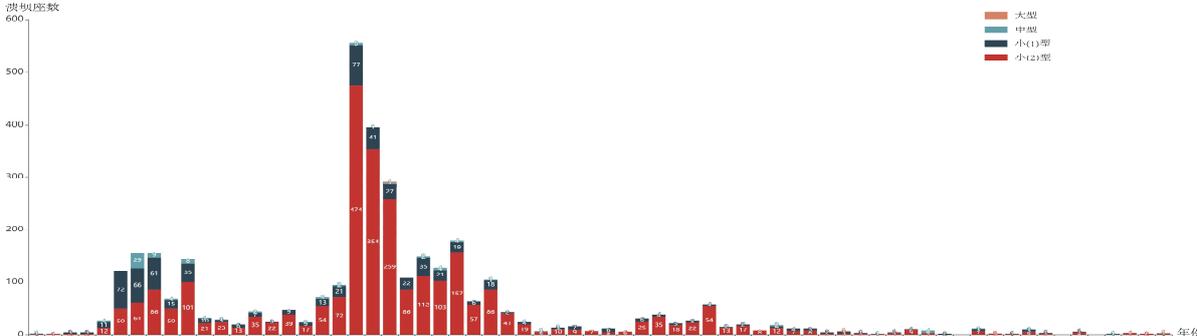
在建世界最高**双江口心墙堆石坝** (314m), 拟建**如美水电站大坝** (314m)

### 中国大坝基本情况

### Achievements in Dam safety

### 大坝安全管理也取得巨大成就

- **中国现有各类水库大坝98566座, 大型774座 (0.8%), 中型4098座, 小型93694座 (95.06)**
  - 总量多、类型多、小坝多、土石坝多、老旧坝多、病险库多、高坝大库多
  - 坝高超过15m的“大坝”约3.7万余座, 占37.5%
- **通过不断健全安全法规制度、全面落实大坝安全责任、大力推进水管体制改革、大规模开展病险水库除险加固、强化应急管理**等扎实有效工作, 中国水库大坝安全状况与管理条件得到根本性改善, 2000年以来年均溃坝率降至**0.05%**以下, 进入世界低溃坝率国家行列



溃坝座数

年份

图例: 大型 (Large), 中型 (Medium), 小(1)型 (Small 1), 小(2)型 (Small 2)

### 风险与挑战

### Risk and Challenges

### 大坝出险甚至溃决的风险始终存在

- 水库大坝大多建于上世纪50至70年代“大跃进”、“文革”时期，土法施工，三无、三边工程多，病险问题复杂，除险加固难度大—**先天不足 inherent**
- 维修养护投入不足，监管缺失—**管理因素 management**
- 超标准暴雨洪水、地震等自然灾害影响日显突出—**自然因素 natural**
- 经济社会发展、强人类活动影响—**人为因素 human factor**
  - 非法超蓄、违规蓄水、调度不当 (小海子、星火、联丰等水库溃坝)
  - 非法侵占 (郑州郭家咀水库漫坝)
  - 河湖四乱 (2018年山东寿光蔬菜基地被淹被淹)



新发水库溃坝 (2021)



射月沟水库漫顶溃坝 (2018)



卡马水库出险 (2007)



郭家咀水库漫坝 (2021)

### 风险与挑战

### Severe Consequences of Dam Failure 中国是单体溃坝后果最严重的国家



7月18日下午  
内蒙古呼伦贝尔市  
莫旗新发水库



新发水库溃决后



- 2021年全国12座水库出险，其中2座水库溃决
- 郭家咀水库漫坝严重威胁下游公众安全、工程安全

- 新发水库 (中型)
- 永安水库 (小 (1) 型)
- 吉布图水库 (小 (1) 型)

- 内蒙古自治区
- 松辽流域



龙门水库溢洪道



郭家咀溢洪道



郭家咀漫坝



常庄抢险



彭沟抢险



泉水庙抢险

做好准备  
直面天气新常态

做好准备，直面天气新常态--虎年天气回顾和兔年...

国家气候中心：预计2023年全国极端天气气候事件总体呈现多发强发态势

新民晚报 2023-02-06 16:51 | 新民晚报官方帐号

关注

新形势新要求

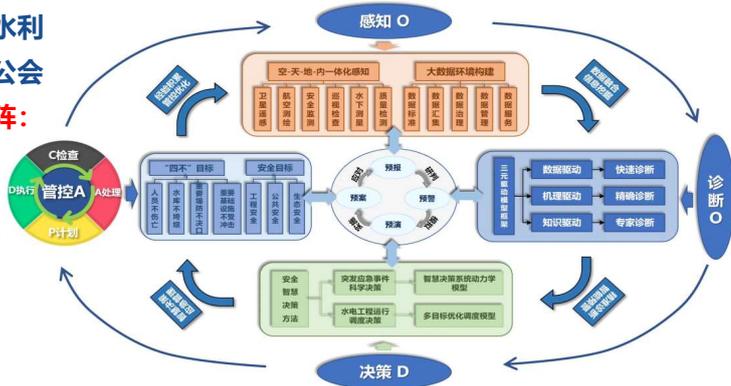
New Requirements **中国高度重视大坝安全，着力提升工程韧性**

- 进入新发展阶段，统筹发展与安全，守牢水库大坝安全底线，对水库大坝安全管理提出更高要求
  - 习总书记批示：我国水库大坝数量多、高坝大库多，坚持安全第一，加强隐患排查预警，及时消除安全隐患，确保水库大坝安然无恙
  - “国办发〔2021〕8号”提出健全水库运行管护长效机制
  - 水利部提出“人员不伤亡、水库不垮坝、重要堤防不决口、重要基础设施不受冲击”四不防御目标

- 为应对极端事件影响，提升水工程韧性，水利部李国英部长在研究水库运行管理专题办公会上提出，加快构建现代化水库运行管理矩阵：

Matrix Management for Safety Operation of Reservoir Dams

- 四全：全覆盖、全要素、全天候、全周期
- 四制：体制、机制、法治、责任制
- 四预：预报、预警、预演、预案
- 四管：除险、体检、维护、安全保障



报告  
提纲

现代化水库运行管理矩阵

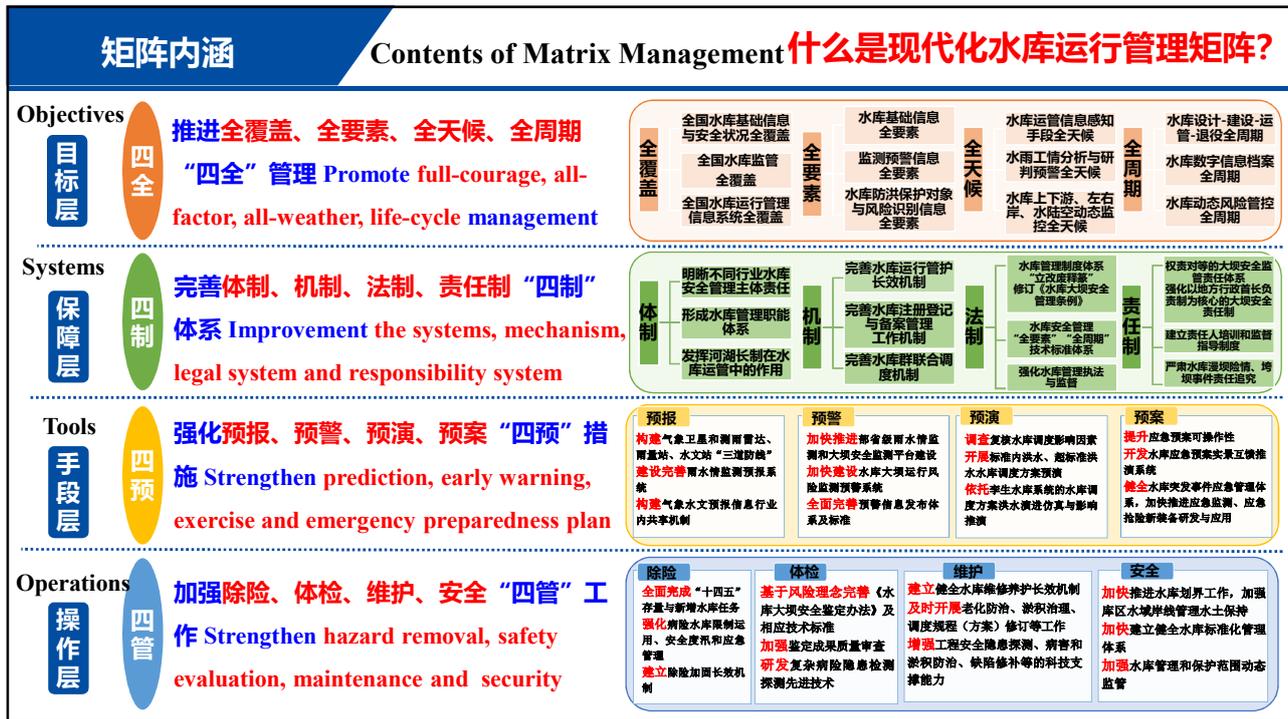
Matrix Management for Safety Operation of Reservoir Dams

1 建设背景 Background

2 矩阵内涵 Contents of Matrix Management

3 建设要求 Requirements

4 结语 Conclusion



## 矩阵内涵

推进全覆盖、**全要素**、全天候、全周期“四全”管理

目标层

四全

保障层

四制

手段层

四预

操作层

四管

● **掌握全要素** Master all factors

- **掌握水库工程全要素基础信息。**全面准确掌握水库空间布局及水库工程特性、运行管理、雨水情测报、安全监测、行洪通道、下游防洪保护对象等基础信息
- **掌握水库上下游、左右岸关键基础信息。**动态掌握水库淹没范围内人口、城（集）镇、村庄、基础设施、耕（园）地分布及水库淤积、库区侵占等信息；动态掌握下游河道侵占与行洪能力、堤防安全状况以及洪水影响区内的人员、城（集）镇、村庄、基础设施、耕（园）地分布分布等关键信息
- **强化信息共享。**水库工程全要素基础信息及上下游、左右岸关键基础信息及时录入地方监管平台和**全国水库运行管理系统**，并动态更新，**实现信息共享**

## 矩阵内涵

推进全覆盖、全要素、**全天候**、全周期“四全”管理

目标层

四全

保障层

四制

手段层

四预

操作层

四管

● **管控全天候** Dam performance uner control in all conditions

- **信息感知全天候。**综合采取人工巡查、智能巡检、视频监控、仪器监测、无人机、卫星遥感、红外线热成像等天空地立体监测技术手段，**构建覆盖水库工程、上下游、左右岸，空间无死角、时间不间断的大坝安全与风险全天候动态监控体系**
- **安全研判全天候。**充分利用大数据、人工智能、云技术等高新技术，实时对雨水情、工情信息进行分析与应用，**全天候掌握水库大坝安全性态与风险**
- **监控保障全天候。**主要监控手段可在极端条件下正常工作，具备全天候监控、**应急监测与通讯保障能力**

## 矩阵内涵

推进全覆盖、全要素、全天候、**全周期**“四全”管理

目标层

四全

保障层

四制

手段层

四预

操作层

四管

● **管理全周期** Life-cycle management

- **建立全周期档案。**建立完整准确的水库建设、运行、降等报废全生命周期数字信息档案，及时填报与动态更新至**全国水库运行管理系统**
- **规范全周期管理。**规范水库建设、运行、降等报废**全生命周期管理**，实现质量安全可追溯、审批评价可跟踪、功能效益可量化
- **强化全过程监管。**实现水库注册登记、调度运用、维修养护、检查监测、安全鉴定、除险加固、应急管理、降等报废**全过程动态监管**

## 矩阵内涵

完善**体制**、机制、法制、责任制“四制”体系

目标层

四全

保障层

四制

手段层

四预

操作层

四管

- **深化水库管理体制机制改革创新，明晰管理主体责任，健全常态化管护机制，稳定经费投入渠道，解决**由谁管、怎么管、有钱管、能管好**问题**

● **完善体制** Institutional reinforcement

- **明确职责划分。**明确**司法行政、住房城乡建设、交通运输、水利、农业农村、文化和旅游、能源、林草**等大坝**主管部门**和**属地政府**职责任务，明晰水库安全管理主体责任
- **创新管理体制。**深化水管体制改革，稳定经费投入渠道，对小型水库推行**以大带小、购买服务、区域集中管理**等管护模式
- **强化考核评价。**将水库运行管护**纳入河湖长制管理体系**，强化考核评价

## 矩阵内涵

完善体制、**机制**、法制、责任制“四制”体系

目标层

四全

保障层

四制

手段层

四预

操作层

四管

### ● 健全机制 Mechanism improvement

- **完善管理机制。**完善行业内水库注册登记、行业外水库备案管理、全口径水库基础数据管理等管理机制
- **健全长效机制。**健全水库注册登记、调度运用、维修养护、检查监测、安全鉴定、除险加固、应急管理、降等报废全生命周期运行长效机制
- **落实保障机制。**明确水库运行管理主体，探索多渠道管护经费投入机制，完善管理设施，推行专业化管护，建立良性运行机制
- **强化监督机制。**健全水库安全运行监督机制，确保各项制度落到实处

## 矩阵内涵

完善体制、机制、**法制(治)**、责任制“四制”体系

目标层

四全

保障层

四制

手段层

四预

操作层

四管

### ● 强化法制（治） Legal system strenthen

- **健全法律法规。**推进水库大坝安全专门立法，加快《水库大坝安全管理条例》修订，确保水库运行管理有法可依、有法必依、执法必严
- **完善制度体系。**完善法律、法规、规章、规范性文件和规划、方案、预案、标准等多层次现代化水库运行管理制度标准体系
- **强化依法管理。**强化依法依规管理和监督检查，确保水库管理各项制度执行到位
- **严格水政执法。**严格水行政执法，依法依规查处危害水库安全、侵占溢洪道和库容等行为，强化水行政执法与刑事司法衔接、与检察公益诉讼协作

## 矩阵内涵

完善体制、机制、法制、**责任制**“四制”体系

### 完善责任制 Responsibility system improvement

- **严格落实安全责任。**完善以地方行政领导负责制为核心的水库大坝安全责任制体系，逐库落实水库大坝安全责任人和小型水库防汛“三个责任人”
- **加强履职能力建设。**全覆盖组织开展岗位与技术培训，提高水库大坝安全和防汛责任人责任意识和履职能力
- **强化垮坝责任追究。**依法依规对水库漫坝险情、垮坝事件进行调查，强化对漫坝险情、垮坝责任事故相关单位和人员的责任追究

## 矩阵内涵

强化**预报**、预警、预演、预案“四预”措施

### 预报精准化 Precise prediction

- **完善监测预报设施。**充分应用气象卫星和测雨雷达，健全降水量监测站网，建设水库出入库流量站、上下游水位站，构建气象卫星和测雨雷达、雨量站、水文站组成的雨水情监测预报“**三道防线**”；及时开展大中型水库大坝安全监测设施更新改造，加快推进小型水库雨水情与安全监测设施建设
- **强化洪水精准预报。**开展水库不同预见期的洪水预报，延长预见期，提高预报精度，满足防汛抢险和安全度汛要求
- **加强工情分析研判。**根据洪水预报成果和大坝安全监测资料，加强工情分析研判，及时预测工程安全性态与风险，做好信息共享和应用

## 矩阵内涵

强化预报、**预警**、预演、预案“四预”措施

### ● 预警提前化 Early warning

- **加强预警体系建设。** 加快推进水库大坝运行风险监测预警体系建设，强化雨水情、工情数据汇集，开发雨水情、工情及下游风险预警指标体系和预警分析模型，及时分析研判雨水情（汛前）、工情（险情），开展水库风险分级分类预警
- **健全预警发布机制。** 建立健全水库风险预警信息发布机制，规范发布流程、权限、方式、内容、时限、范围等要求；充分利用信息技术手段，保障**预警信息直达水库一线、受影响区域社会公众和有关单位**，预警提前时间应满足社会公众应急避险和重要基础设施防护要求

## 矩阵内涵

强化预报、预警、**预演**、预案“四预”措施

### ● 预演数字化 Digital exercise

- **开发预演平台。** 开发水库洪水风险数字化预演平台，具备洪水演进及应急处置（调度、抢险、人员转移）效果预演功能
- **优化调度预演。** 依据预报预警信息，统筹考虑水库上下游，滚动开展水库调度方案预演，迭代优化调度方案
- **推演洪水风险。** 依据预报预警信息，开展标超标准泄洪和溃坝演进数字仿真预演，**正向预演**洪水淹没范围、到达时间、洪水严重性与危害，**逆向推演**大坝限制运用条件与水库限泄要求

## 矩阵内涵

强化预报、预警、预演、**预案**“四预”措施

目标层 四全  
保障层 四制  
手段层 四预  
操作层 四管

● **预案科学化** Reasonable EPP

- **优化应急预案。** 根据预演成果，统筹上下游、左右岸关系，迭代优化调度规程（方案）和应急预案，增强方案预案的针对性和可操作性
- **落实应急措施。** 根据预演成果和应急需要，落实防汛交通、通信、电力、照明等应急设施，预置抢险力量和必要的抢险与救援设备、物料
- **提升应急能力。** 强化值班值守，定期组织开展应急演练，不断提高实战效果，提升水库突发事件应对能力

## 矩阵内涵

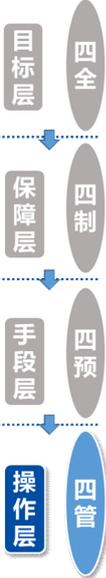
加强**除险**、体检、维护、安全“四管”工作

目标层 四全  
保障层 四制  
手段层 四预  
操作层 四管

● **及时除险** Remove hazards timely

- **及时消除隐患。** 常态化开展水库隐患排查与处置，加快实施病险水库除险加固，及时消除工程安全隐患
- **严格限制运用。** 严格落实病险水库限制运用有关要求，对存在病险与安全隐患者病险水库（二类坝、三类坝），应落实限制运用和安全度汛措施
- **科学降等报废。** 健全水库退出机制，对功能丧失或萎缩，除险加固经济技术不合理的水库，科学论证实施降等或报废，降低或规避水库风险

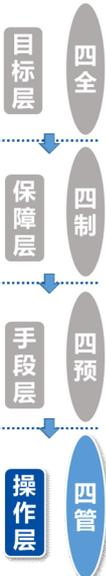
## 矩阵内涵

加强除险、**体检**、维护、安全“四管”工作

### ● 定期体检 Periodic safety evaluation

- **定期开展体检。** 规范开展巡视检查和安全监测，全面掌握工程安全性态，及时发现事故隐患；按《水库大坝安全鉴定办法》要求定期组织开展大坝安全鉴定
- **确保体检质量。** 保障大坝安全鉴定经费投入，扎实开展**现场检查、钻探试验、安全检测、隐患探测、库容曲线复核**等基础性工作，强化鉴定成果质量把关，确保鉴定结论准确可靠、符合工程实际
- **强化科技支撑。** 加强大坝复杂病险隐患检测探测先进技术与设备研发，提升病险问题综合诊断技术支撑能力

## 矩阵内涵

加强除险、体检、**维护**、安全“四管”工作

### ● 加强维护 Strengthen maintenance

- **加强专业管护。** 建立健全水库维修养护长效机制，稳定维修养护经费投入，加强专业化管护，鼓励发展专业化管护企业，保障日常维修养护到位
- **强化病害防治。** 强化巡视检查与安全监（检）测，对发现病害、隐患及时处置与防治，积极推进白蚁等害堤动物危害防治、工程老化治理
- **推进淤积治理。** 每年汛前组织对有防洪功能的水库开展淤积和侵占情况排查，对存在淤积或侵占问题的开展库容曲线测量，及时对库容侵占问题进行整治，淤积影响防洪安全的，积极推进淤积治理
- **保障效益发挥。** 科学调度运用，充分发挥水库防洪与兴利功能。积极探索实践开展水库功能评估与提升

## 矩阵内涵

## 加强除险、体检、维护、安全“四管”工作

目标层

四全

保障层

四制

手段层

四预

操作层

四管

### 保障安全 Ensure security

- **完成水库划界。** 完成水库管理与保护范围划界，加强库区水域岸线管理
- **加快标准化创建。** 按水库工程标准化创建要求，落实管理措施，提升管理水平
- **强化违法查处。** 加强水库工程管理、保护范围巡查与监督检查，及时查处危害水库安全、侵占库容及水面、阻塞泄洪通道及违规建设、非法排污等违法行为
- **强化安全防护。** 落实安全生产责任制及网信安全措施，完善水库管理和保护范围安全警示标识
- **落实度汛措施。** 强化水库巡查防守和险情处置，预置抢险物资设备；落实超标准洪水应对措施，严防垮坝事件发生

## 现代化水库运行管理矩阵

### Matrix Management for Safety Operation of Reservoir Dams

#### 报告 提纲

#### 1 建设背景 Background

#### 2 矩阵内涵 Contents of Matrix Management

#### 3 建设要求 Requirements

#### 4 结语 Conclusion

顶层设计

Top-level Design

5 Official Documents 颁布实施5个文件

大坝中心配合水利部运管司做好现代化水库运管矩阵建设顶层设计，完成5个技术文件编制，广泛征求意见，并组织召开14个省（市）召开座谈会，赴江苏、浙江、安徽开展现场调研，在地方申报基础上，遴选试点水库、先行区域

- 水利部关于加快构建现代化水库运行管理矩阵的指导意见  
Guidance
- 构建现代化水库运行管理矩阵重点任务分工方案  
Key task division plan
- 构建现代化水库运行管理矩阵先行先试工作方案  
Pilot work plan
- 构建现代化水库运行管理矩阵试点水库建设技术要求  
Technical requirements for pilot reservoir construction
- 构建现代化水库运行管理矩阵先行区域建设技术要求  
Technical requirements for construction of pioneer regions

水利部文件

水运管〔2023〕214号

水利部关于加快构建现代化水库运行管理矩阵的指导意见

部属有关单位、各省、自治区、直辖市水利（水规总院）水利（水务）局、新疆生产建设兵团水利（水规总院）

水利部办公厅文件

办运管〔2023〕214号

水利部办公厅关于印发《构建现代化水库运行管理矩阵重点任务分工方案》的通知

部属有关单位、部直属有关单位：《构建现代化水库运行管理矩阵重点任务分工方案》已经部务会议审议通过，现印发给你们，请认真贯彻落实。



- 1 -

顶层设计

Top-level Design

General requirements 总体要求

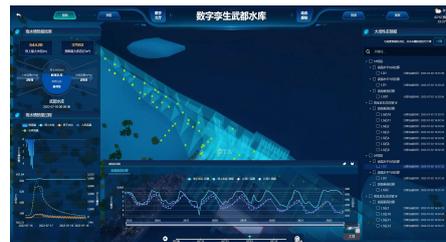
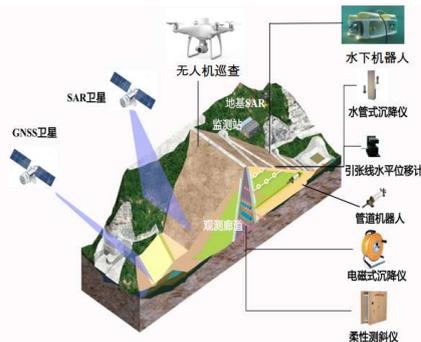
指导思想 Guiding Thought

- 统筹发展和安全，坚持问题导向、系统观念，加快构建现代化水库运行管理矩阵，全面提升水库运行管理精准化、信息化、现代化水平

Balancing development and security, Improving precision, informatization, and modernization levels

基本原则 Principles

- 安全第一、管控风险。强化横向到边、纵向到底全方位安全监管，推进上下游、左右岸治理保护，全面管控风险，守牢大坝安全底线
- 完善制度、全面管理。加快完善水库管理体制机制，构建现代化水库运行管理法规制度和标准体系，全面实现依法依规管理
- 点面结合、分步实施。系统谋划、统筹推进，选取典型水库和区域开展先行先试，总结经验，有序推进现代化水库运行管理矩阵建设
- 数字赋能、提升能力。强化水库信息化基础设施建设，结合数字孪生水利建设，全面提升水库“四预”能力和智慧化管理水平



## 顶层设计

## Top-level Design

## Management Targets 建设目标

- 到2025年，建成一批现代化水库运行管理矩阵**试点水库**和**先行区域**，形成**效果好、可复制、可推广**的经验做法，水库运行管理**现代化水平**和**韧性**显著提高

- 基本建成具备“**四全**”管理功能的**水库运行管理系统**
- “**四制（治）**”体系**进一步完善**
- “**四预**”能力**明显提升**
- “**四管**”工作**扎实落地**



- 到2030年，**现代化水库运行管理矩阵基本建成**，**大坝安全得到有效保障**、**效益得到充分发挥**，**水库运行管理精准化、信息化、现代化基本实现**

- 全面实现“**四全**”管理
- 现代化水库运行管理**体制机制、法规制度和技术标准体系健全完善**
- 大型、防洪重点中型及“**头顶一盆水**”**中小型水库“四预”措施全面落实**
- “**四管**”工作**长效机制建立健全**，**工程隐患及时消除**，**守牢大坝安全底线**



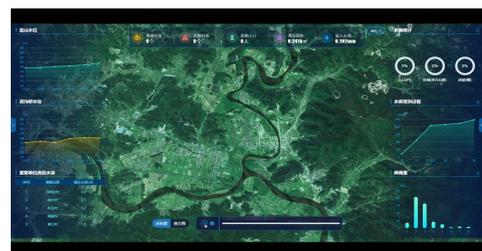
全国水库运行管理信息系统



## 试点水库建设

## Requirements for pilot reservoir construction 建设要求

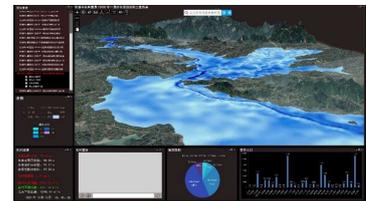
- 全面准确掌握**大坝工程特性、运行管理、安全状况信息**，以及**库区和下游洪水影响范围关键信息**，实现**上下游、左右岸要素信息全面掌握**；构建**全天候动态监控体系**，对**枢纽区、库区、下游河道进行实时动态监测**，**全天候掌握大坝安全运行性态与风险**；加强**水库建设、运行等全生命周期管理**
- 健全**管理体制机制**，完善**管理制度**，**压实安全责任**，实现**依法依规管理**
- 强化**雨水情和工情监测预报**，**及时预警**，推进**水库防洪预演**，**迭代完善应急预案**，“**四预**”措施**基本实现**
- 工程**隐患及时消除**，**准确掌握工程安全状况**，**切实落实维护保养措施**，**守牢大坝安全底线**，**充分发挥效益**
- 积极探索**可复制、可推广的经验做法**，形成**数字化应用成果**



## 先行区域建设

## Requirements for pioneer regions construction 建设要求

- 建设区域水库信息化管理平台，对所有水库实现**全覆盖监管**，全面精准动态掌握区域水库基本信息与上下游、左右岸关键要素信息，**全天候管控大坝安全与风险**，加强大坝建设、运行、报废全**生命周期管理与监管**
- 管理体制机制健全，现代化运行管理制度体系完善，严格落实安全责任，**全面实现依法依规管理与监管**
- 强化区域大坝雨水情和工情监测预报与预警，推进防洪预演，迭代完善应急预案，加强水库群联调联控，**重要水库“四预”能力明显提升**
- 区域水库除险加固与运行管护长效机制健全，及时消除病险隐患，常态化开展安全鉴定，准确掌握工程安全状况，维修养护措施扎实落地，**有效保障大坝安全运行和效益充分发挥**
- 以区域为单元，积极探索可复制、可推广的经验做法，依托信息化管理平台，**形成数字化应用成果**



## 报告 提纲

## 现代化水库运行管理矩阵

### Matrix Management for Safety Operation of Reservoir Dams

#### 1 建设背景 Background

#### 2 矩阵内涵 Contents of Matrix Management

#### 3 建设要求 Requirements

#### 4 结语 Conclusion

结语

**矩阵建设是应对极端事件、提升水工程韧性的的重要手段**  
 Matrix is an important means to respond to extreme events and enhance the resilience

通过**矩阵建设**，推进“**四全**”管理，完善“**四制（治）**”体系，强化“**四预**”措施，加强“**四管**”工作

- **优化资源配置** Optimization of resources configuration
  - 信息共享
  - 业务协同
  - 多源信息融合
- **提升管理能力** Improvement of management capacity
  - 智能监控
  - 智能诊断
  - 智能决策
- **支撑应急决策** Decision-making Support
  - 突发事件感知
  - 风险识别
  - 应急响应



结语

Key technical issues **矩阵建设关键技术难点之一**

如何构建**天空地一体化全天候动态监控体系**? Global monitoring system in all conditions



**基于遥感的大坝运行风险源感知技术**

**洪涝灾害水毁感知**

**人类活动风险源感知**

侵占面积 0.74hm<sup>2</sup>

**基于无人机的水库大坝缺陷感知技术**

**坝体缺陷感知**

**坝体巡检**

**声光融合的水下检测+一体化多源信息感知技术**

**水下检测**

- 视频系统
- 通话系统
- 雨量计
- 水位计
- 渗压计
- 其他监测设备

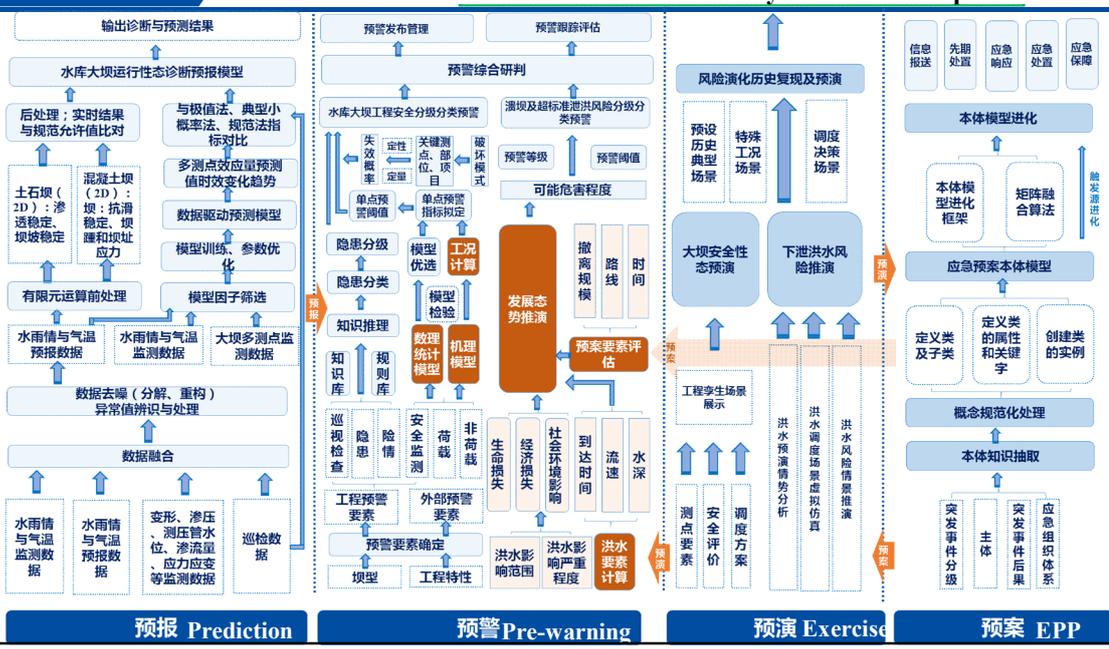
一体化多源信息感知装备 支持各类传感器

# 结语

## 构建具有“四预”功能的大坝信息化管理平台 A dam information system with four pre-functions

矩阵建设关键技术难点之二

Key Issues



风调雨顺、江河安澜、山清水秀、国泰民安

# 感谢您的聆听，敬请批评指正！

## Thank You!

Tel: 13809023644

86-25-85828189

Email: jbsheng@nhri.cn