



数字赋能 “智” 水有方

位山灌区高质量打造数字孪生先行先试样板

聊城市位山灌区管理服务中心

2023年10月



全国第五大灌区 黄河第二大灌区 山东省最大灌区

位山灌区地处山东省聊城市，始建于1958年，设计灌溉面积**540万亩**，占聊城市总耕地面积的65%，保障了聊城市绝大部分农田灌溉、沿线200余万城乡居民生活、工业企业生产和河湖水系生态用水，同时担负引黄入冀（补白洋淀）跨流域调水任务。灌区投入运行以来，累计供水超过**610亿立方米**，其中跨流域调水**121亿立方米**，为区域经济社会高质量发展和生态保护作出了重要贡献。





近年来，针对位山灌区存在的供用水管理“粗放低效”、水旱灾害“被动应对”、引黄泥沙“淤积堵塞” **三大突出问题**，按照充分利旧、融合创新的原则，借助管理体制和运行机制，加强N项业务应用，打造1个数字孪生平台，实现了**三大转变**，取得了**四大成效**，为位山灌区高质量发展提供强力支撑和科技驱动。

用水管理

粗放低效 ➡ 集约节约

水旱灾害

被动应对 ➡ 主动预警

引黄泥沙

淤积堵塞 ➡ 输沙减淤

四大成效

配水调度更科学

供水节水更精准

渠道巡查更智能

部门协作更便捷



- 一、完善五大要素，夯实数字基底
- 二、坚持需求牵引，抓好建设管理
- 三、突出业务应用，推进智慧治水
- 四、强化数字赋能，促进长效发展

1

完善五大要素
夯实数字基底

一、完善五大要素，夯实数字基底



(一) 循序渐进，织密水利要素“感知网”

一是建成全自动缆道、轨道测流设施35处，水情监测站点1182处，实现支渠口及以上用水监测全覆盖，计量率100%。



轨道测流系统



闸门测控一体



雷达水位计



视频监控系统



闸门远程控制系统

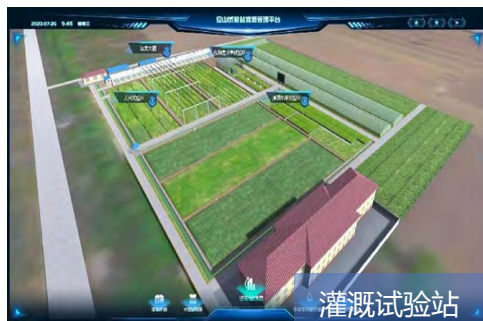
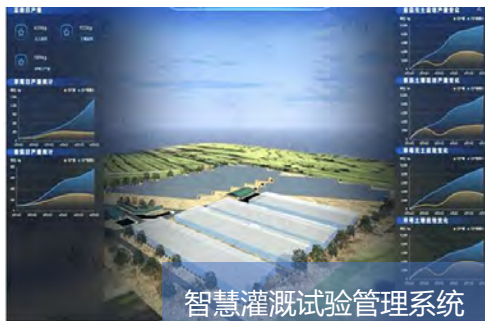
二是建成高清视频监控1077处，实现干渠工程监管全覆盖。建成13处大型节制闸和39处支渠闸远程控制系统。沿渠敷设光缆247公里，覆盖骨干渠道全线，保障业务数据安全稳定高效传输。

一、完善五大要素，夯实数字基底



(一) 循序渐进，织密水利要素“感知网”

三是建成智慧调度中心，承载灌区各类监测数据计算存储及分析展示。机房现有各类服务器17台，安全设备14台，支撑已建数字孪生平台安全稳定运行。



四是建成试验站智慧灌溉系统。今年进行了升级改造，增设土壤墒情等监测设备148套，实现典型区域数据监测全覆盖。

一、完善五大要素，夯实数字基底



(二) 需求导向，建设灌区业务“模型库”

在三干渠数字孪生范围，委托中国水利水电科学研究院开发了**配水调度模型**、**水动力仿真模型**，与黄河水利科学研究院合作研究**灌区典型区域引黄水沙变化模型**，为数字孪生平台提供算法支撑。

配水调度模型

状态空间表达式：

$$\dot{x}(k+1) = G(k)x(k) + H(k)u(k)$$

目标函数：

$$\min J = \sum_{i=0}^n \frac{|WL_i - WL_{i,aim}|}{WL_{i,aim}} + \sum_{i=0}^n \frac{|SW_{i,k} - SW_{i,k,aim}|}{SW_{i,k,aim}}$$

水动力仿真模型

目标函数：

$$\min J = \frac{|\Delta Q_{aim} - \Delta Q_{sim}|}{\Delta Q_{aim}}$$

运动方程：

$$x(k+1) = A(k)x(k) + B_u(k)u(k) + B_d(k)d(k)$$

引黄水沙变化模型

曼宁公式：

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} \sqrt{i} \quad Q = VA \quad R = \frac{A}{X}$$

水流挟沙能力公式：

$$S = \frac{77V^3}{gRw_0} \left(\frac{H}{B} \right)^{1/2}$$

一、完善五大要素，夯实数字基底



(五) 打破壁垒，建设智慧管理“云大脑”

在前期建成的灌区E平台基础上，整合量测水、水量整编、闸门远程控制、视频监控、灌溉试验信息化管理等系统，升级形成统一的数字孪生平台。



2

坚持需求牵引
抓好建设管理

二、坚持需求牵引，抓好建设管理

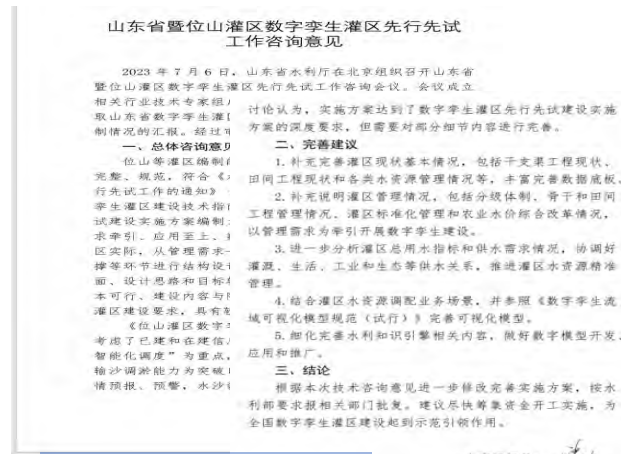


(一) 加强顶层设计，解决实际需求

坚持问题导向，立足引黄灌区**水少沙多**实际，以供用水管理“粗放低效”变“集约节约”、水旱灾害“被动应对”变“主动预警”、引黄泥沙“淤积堵塞”变“输沙减淤”为需求，高标准编制实施方案，根据康绍忠院士等国内知名专家咨询意见进行修改完善，以数字孪生手段助力解决灌区实际问题。



院士专家咨询会



咨询会专家意见

专家组组长：康绍忠
副组长：李俊、李俊
2023年7月6日

(二) 统筹规划建设，夯实数字基础

按照“**整合已建、统筹在建、规范新建**”原则，分期分批对原有水利设施进行数字化改造，做到**充分利旧**，节省投资。今年6月份对13套缆道测流设备自动化升级改造，解决了不同设备厂家系统不兼容问题，进一步提高了量测效率，同时节省了投资。



二、坚持需求牵引，抓好建设管理



(二) 统筹规划建设，夯实数字基础

陆续对91座闸门进行远程控制改造，增设水情、墒情、气象、水环境、工程安全等数字化监测设施125处，在建工程**同步配套**信息化建设并纳入数字孪生平台，新上项目务必按“**数字孪生工程**”规划设计，持续提升“算力”支撑。



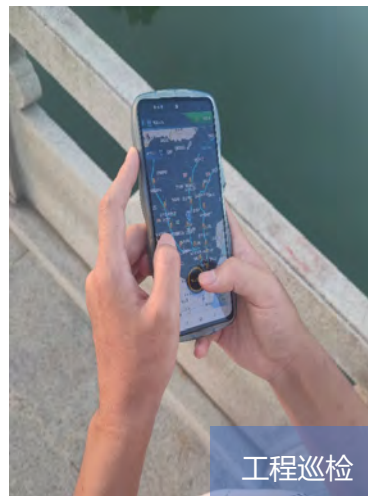
二、坚持需求牵引，抓好建设管理



(三) 坚持建用并重，提高管理效能

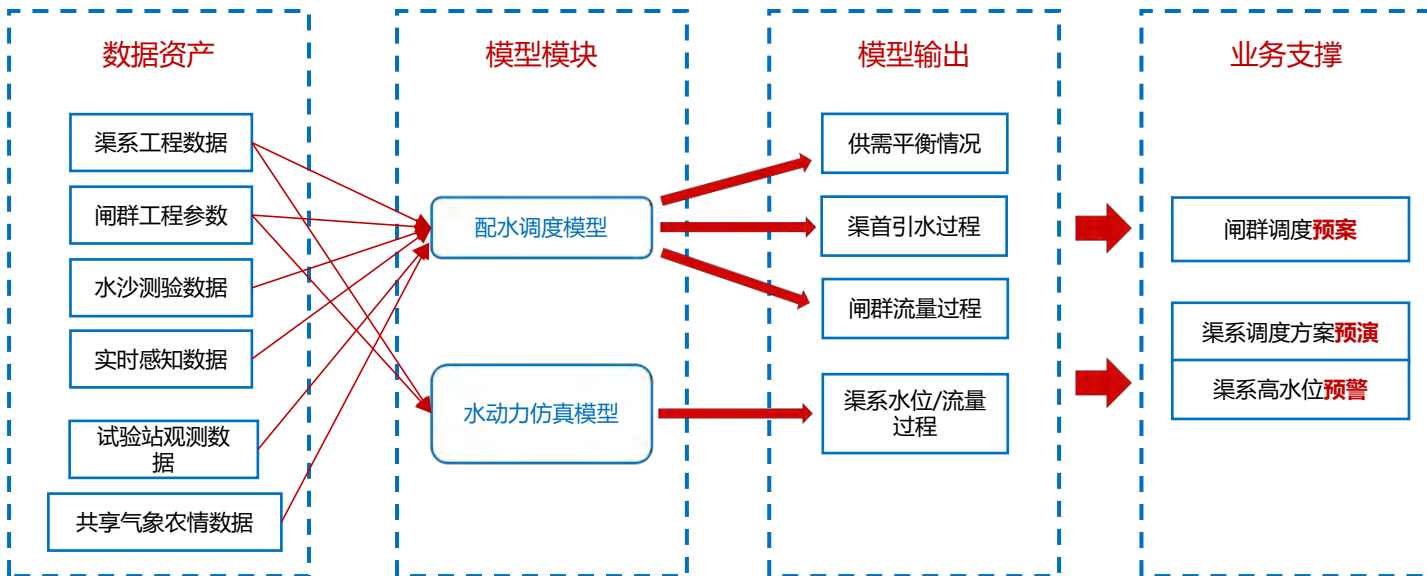
成立主要负责同志任组长的工作专班，高规格推进平台开发和应用推广；始终从业务层面探求数字孪生需求，业务部门直接参与系统开发，开发过程中**建用并重**，在使用中发现问题并完善提升，避免建用脱节形成“两张皮”。

同步开发**手机APP**，功能简洁实用好用，方便职工使用，切实提升管理效率。



(四) 强化数据利用，支持数字孪生

灌区于**1982年**开始量测水，**1985年**开始测算含沙量及颗粒分析，**2005年**建成灌溉试验站并采集长序列观测数据2000余万条，**2012年**以来每年的水量调度数据，四十多年来积累的数据是位山灌区的宝贵资产，在数字孪生建设中的更显价值和作用。



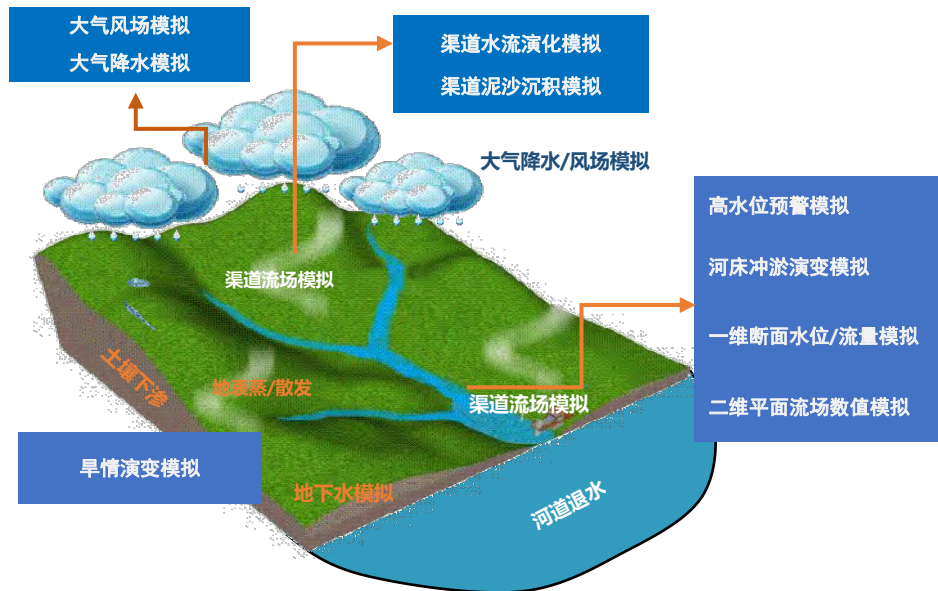
3

突出业务应用
推进智慧治水



(一) 配水调度更科学

一是需水有“预报”。以历史数据、共享数据及实时水情、气象、墒情、卫星遥感等监测数据为基础，实现需水有“预报”。



三、突出业务应用，推进智慧治水



(一) 配水调度更科学

二是水早有“预警”。利用“天、空、地”立体感知体系，实现水早有“预警”；输水超警戒水位时，系统自动报警，实现输水安全有“预警”；年度用水量达到计划用水量的90%时，系统自动报警，实现用水总量有“预警”，确保总量控制、定额管理。



三、突出业务应用，推进智慧治水



(一) 配水调度更科学

三是调度有“预演”。基于灌区工程空间拓扑数据，以实测水位为初始条件，调度方案为边界条件，调用**水动力模拟模型**，对三干渠系统输配水过程场景化动态模拟，实现配水调度“预演”可视化。



三、突出业务应用，推进智慧治水



(一) 配水调度更科学

四是配水有“预案”。以灌区算据为支撑，利用配水调度模型，制定各区域需水过程条件下的**最优调度方案**，生成最优配水“预案”。

需水上报

模型计算

调度方案



三、突出业务应用，推进智慧治水



(一) 配水调度更科学

通过续建配套工程建设和科学配水、优化调度，使春灌灌溉周期由原来的**45天**缩短至**40天**，配水效率提高了**11%**，有效灌溉面积增加**10万亩**以上，位于灌区下游的高唐县琉寺镇、杨屯镇、临清市唐园镇耕地时隔十余年再次用上黄河水。



三、突出业务应用，推进智慧治水



(二) 供水服务更精准

一是健全量测水体系。含沙量高的干渠选择接触式缆道或轨道的测流方式最为适宜，不仅抗泥沙干扰能力强，测流精准度也高；含沙量低、淤积较少的支渠选择超声波时差法最为适宜。目前三条干渠安装了**35套**轨道、缆道测流，支渠安装超声波时差法测流设施**762套**。

推行全自动测流，测流时间节省50%以上，测流精度提高3%。

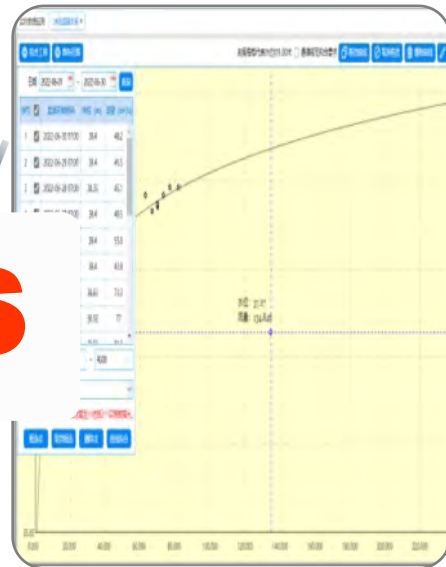
50%

每年水量整编工作由原来的1323人·天，降低到目前的90人·天。

**1200
人天**



VS



三、突出业务应用，推进智慧治水



(二) 供水服务更精准

二是远程调控闸门高效节约。远程启闭闸门快捷高效精准，大幅降低劳动强度，促进科学配水节水。远程自动启闭闸门每年节省人工**700余人天**，节水**800万方**。

类型	平均过水流量	平均节省用时	平均起落次数	闸门数量	年节水	合计
节制闸	25m ³ /s	0.5小时	4次/年	13	234万m ³	796万m ³
支渠闸	1m ³ /s	2.0小时	6次/年	130	562万m ³	

调控次数	闸门数量	每人每天完成次数	年省工
15次	143	3次	715人天



VS

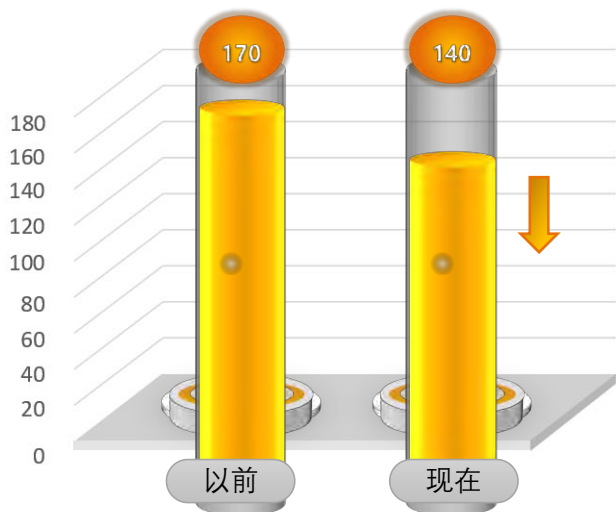




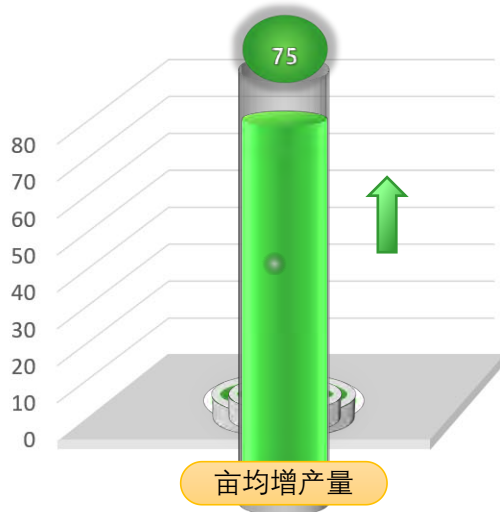
(二) 供水服务更精准

通过试验站多年研究，通过短畦灌溉、非充分灌溉等节水技术，节水成效显著。以冬小麦为例，在灌区平水年份下，用水量由**170m³/亩**降至**140m³/亩**较为适宜，相关成果在灌区多个农田灌溉示范区进行推广，年节水**6000万方**。

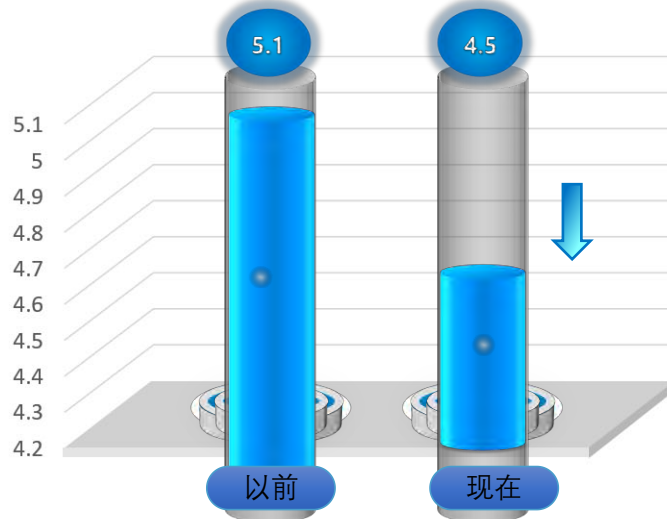
亩均灌水量 (M³)



亩均增产量 (KG)



年引黄用水量 (亿M³)

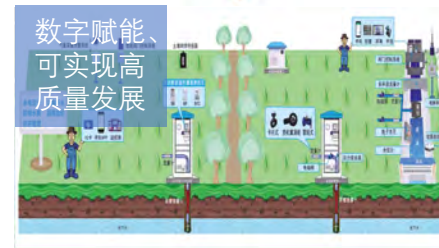


三、突出业务应用，推进智慧治水



(二) 供水服务更精准

建成后姜支渠末级供水示范区，采取短畦灌溉、非充分灌溉技术，通过射频卡刷卡灌溉，“以电折水”精准计量到农户，地表水和地下水一卡通用、综合管控，供水效率提高**20%**，单亩灌溉成本由原来100元降为50元左右。



(三) 渠道巡查更智能

配置多辆工程巡查专用车，依托车载感知设备，连通灌区感知网，打造“智能巡渠”场景，全天候监测灌区骨干渠道沿线。



四、数字孪生灌区应用成效



(三) 渠道巡查更智能

对堤防损坏、道路损毁、倾倒垃圾、戏水游泳等情况进行监控记录，通过手机终端实时上传问题，形成“水域岸线全监测、巡检轨迹实时查、异常情况随手拍、巡查资料网上管”的管理机制，变“人巡”为“技巡”

巡检轨迹实时查

异常情况随手拍

巡查资料网上管

绩效考核一键评



三、突出业务应用，推进智慧治水



(四) 部门协作更便捷

设立**司法协作模块**，建立水行政执法与司法协作机制，针对发现的河湖库“四乱”问题，分类同步推送至公安局、检察院、法院及河湖长制信息平台协调处理，实现了“无人值守智获证据、协作流程数字可视、问题处置线上联动、网络确认闭环管理”。



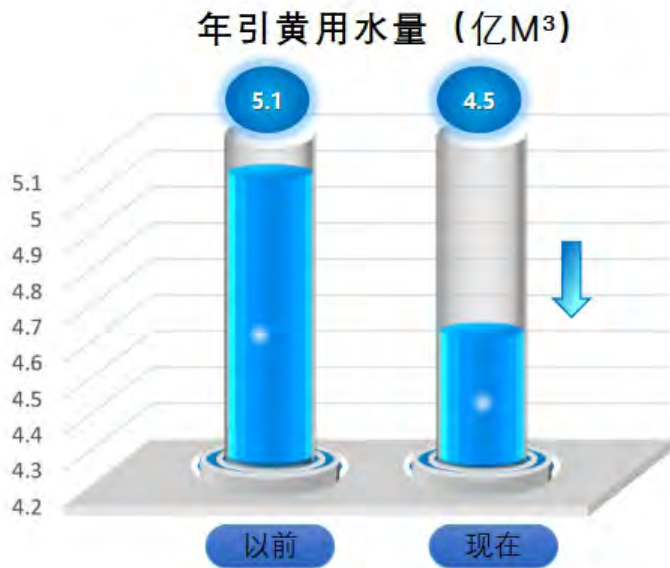
4

强化数字赋能
促进长效发展



(一) 水资源利用更加节约

坚持总量控制、定额管理，构建管理、制度、数字、水价、宣传于一体的节水体系，切实提高供用水效率。近年来，灌区农业年引黄用水量由**5.1亿立方米**降为**4.5亿立方米**，节水**6000万立方米**。

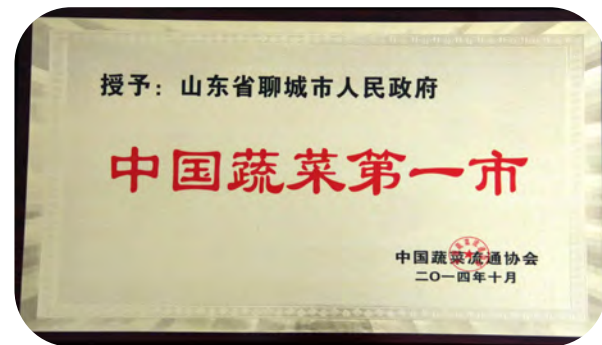


四、强化数字赋能，促进长效发展



(二) 粮食保障更加坚实

加强水资源的科学调度和优化配置，以占全国约**0.2‰**的水资源，灌溉了全国约**2.7‰**的耕地，生产了全国约**5.8‰**的粮食、**4.6‰**的蔬菜，确保了聊城粮食“二十一连丰”，保障了工业、生态、人饮用水安全和引黄入冀跨流域调水任务顺利完成。



(三) 现代水网加快构建

融入山东“国家省级水网先导区”建设实施大局，突出抓好大型灌区续建配套与现代化改造，基本建成“**功能完整、节水显著、运行可靠、调控灵活**”的骨干工程体系，工程完好率**90%**以上，水资源调配和水旱灾害防御能力大幅提升。



四、强化数字赋能，促进长效发展



(四) 管理水平稳步提高

强化组织、安全、工程、节水供水、信息化、经济等六大标准化管理，健全制度体系，实行差异化考核，实现管理更加**精细、科学、高效**。调水配水、水旱防御、运行管理、水费收支、考核评价、档案管理等业务在数字孪生灌区平台上实现数字化，提高运行管理效能。





谢谢