

水利专业模型赋能 水利水电数字化运维

Hydraulic simulation models enabling digital operation and
maintenance of water resource and hydropower

闵皆昇 博士 - Dr. MIN Jiasheng

浙江远算科技有限公司

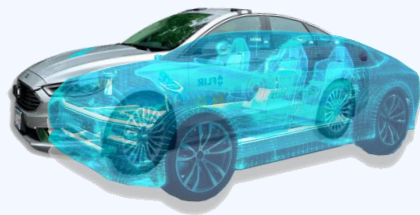


数字孪生的定义 Digital Twin

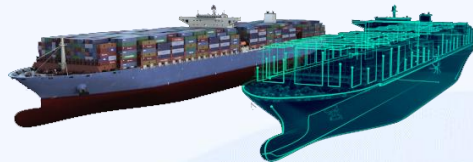
数字孪生

数字孪生是充分利用物理模型，传感器更新，运行历史等数据，集成多学科，多物理量，多尺度，多概率的仿真过程，在虚拟空间中完成映射，创造一个数字版的克隆体，从而反映相对应实体的全生命周期过程。

Entire life cycle of corresponding physical entity



汽车工业
auto-industry



船舶高铁
vessels and high-speed rail



航空工业数字孪生
Digital twin of aviation industry



航空航天
aeronautics and space



机械制造
machine manufacturing

数字孪生的特征

Characteristic



当前阶段 Current Stage



Geometric 几何的
仅有几何模型信息



Static 静态的
建模时的数字模型



Object-specific 对象的
面向单一的研究目标



Design Stage 设计阶段的
仅用于设计研发阶段

数字孪生的特征

未来趋势 Trend of the future



几何的与物理的 Geometric and physical
完整结合CAD/BIM几何信息与CAE物理场信息



动态更新的 Dynamically updated
完整运用实时的状态感知与高性能并行计算

High performance parallel computing



对象/环境/系统的 System-oriented
完整刻画对象的局部特征和整体性能

local characteristics and overall performance



全生命周期的 Full life cycle
完整覆盖研发设计与生产运维阶段

From design to production and operation stage

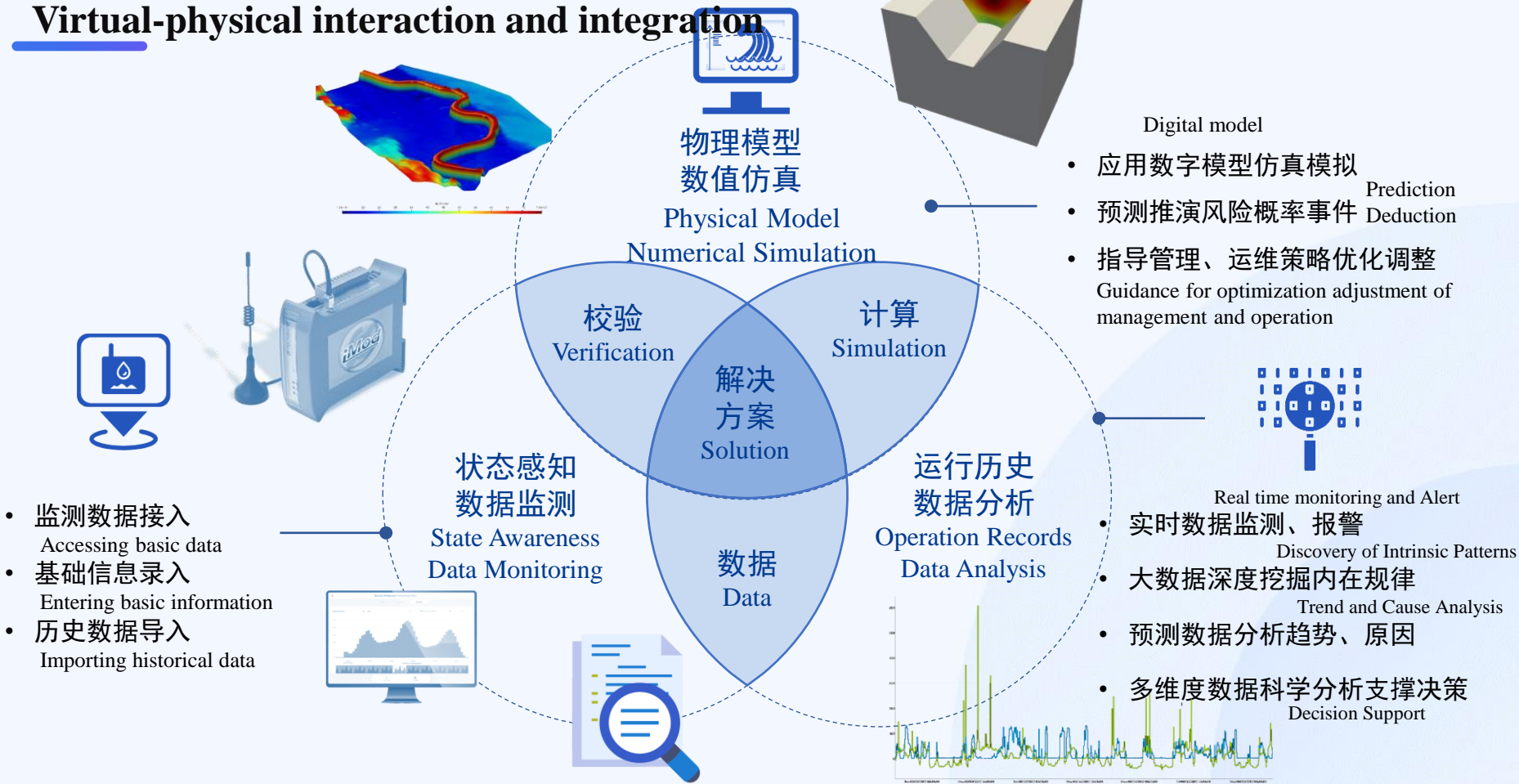


多视角描述的 Multidimensional
完整描述物理实体多样数据和复杂物理模型

diverse data and complex physical models of entities.

数字孪生的虚实交互和融合

Virtual-physical interaction and integration



100+

工业应用

industrial applications

高性能云计算平台

high-performance cloud
(HPC) computing platform

35+ 年

工业软件积累

accumulated industrial software experience

99%

稳定性

Stability

提升企业研发效率

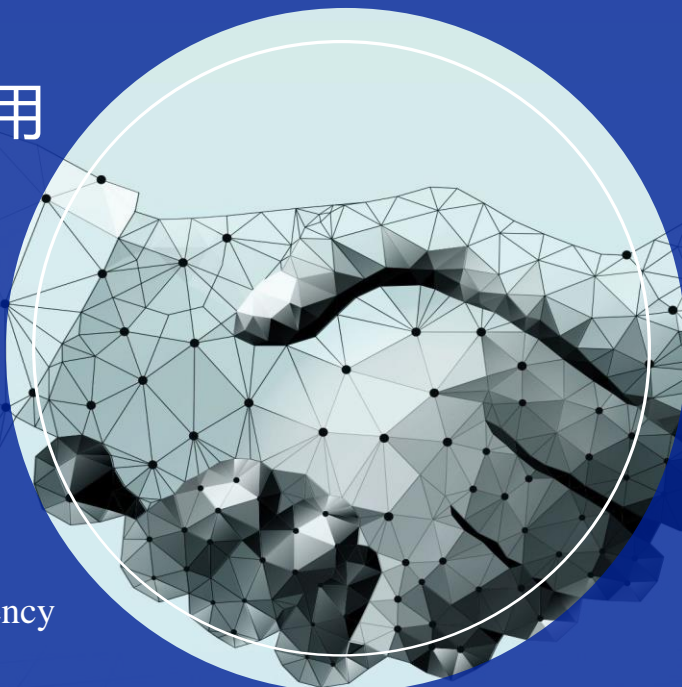
efficiency

industry

工业 行业

深度广泛验证

extensive and in-depth validation

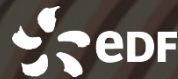


浙江·杭州

中法研发创新团队



远算-EDF独家战略合作



战略合作签约仪式

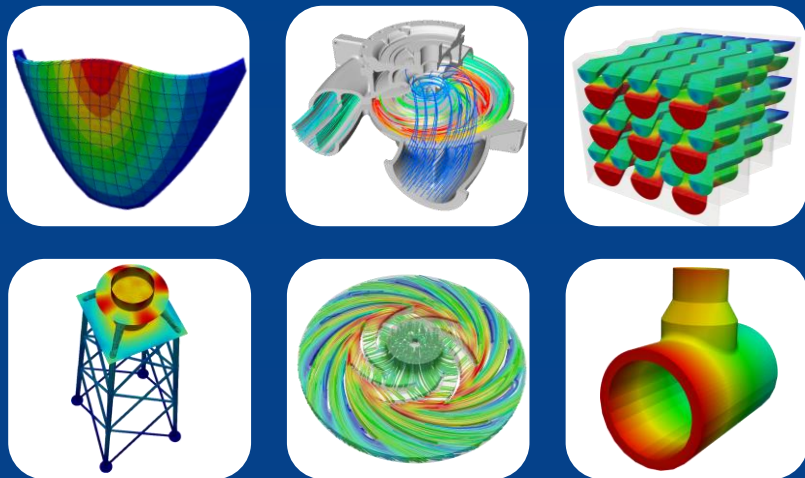
浙江远算云计算有限公司 法国电力集团



法国电力仿真软件中国官方独家合作伙伴
EDF CAE software exclusive partner in China

公司概况 Company Introduction

浙江远算科技有限公司是一家致力于**中国工业数字化转型**的平台型CAE仿真服务商，是CAE仿真软件领域国内领先的“**专精特新**”**国家级高新技术企业**



- 以**CAE仿真软件**为切入口，以“**仿真+超算**”技术为基础
- 开创性地提出打造“**仿真+超算**”的国产替代方案
- 通过**算力云端化、算法国产化、应用场景化**深度融合
- 打破工业3.0时代局限，满足工业4.0时代国产化工业仿真软件需求

法国电力集团 EDF



一家全球化的电力公司

Globalized power company

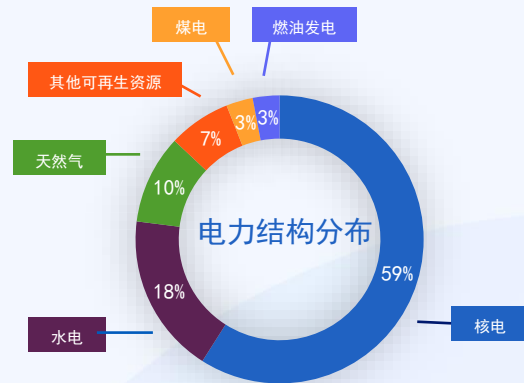
- 核电发电量**全球第一**
World's Top Nuclear Power Generation
- 可再生能源发电量**欧洲第一**
Europe's Leading Renewable Energy Generation
- 能源服务**欧洲第三**
Europe's Third-largest Energy Services



低碳能源领军企业

Leading Enterprise in Low-carbon Energy

- 发电量**90%** 实现无二氧化碳排放
90% of the electricity generation is carbon-free
- 二氧化碳排放强度 **51g / 千瓦时**
(欧洲电力公司平均碳强度为275g/千瓦时)
the carbon emission intensity is only **51g/kWh**, compared to the average carbon intensity of 275g/kWh for European utility companies

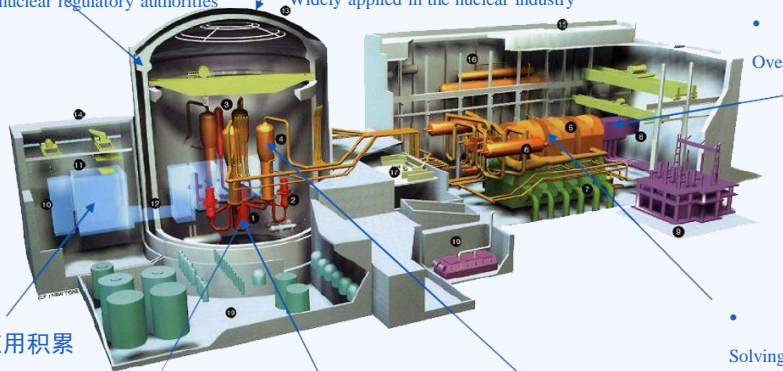


欧洲核监管部门认证

Verified by European nuclear regulatory authorities

核工业广泛应用

Widely applied in the nuclear industry



10万页+的技术文档

Over 100,000 pages of technical documentation

Recognized by the nuclear industry

能源工业认可

Extensive industrial application cases

工业应用案例

Large-scale parallel computing

大规模并行计算

Multi-physical fields

多物理场

海量工业案例应用积累

Extensive accumulation of industrial cases

解决全尺度工业问题

Solving full-scale industrial problems

ISO9001国际质量认证

ISO9001 international quality verification

2,600+V&V验证测试

More than 2,600+V&V verification tests

1947年

实验室由法国电力集团（EDF）设立
保护EDF设施免受洪水、干旱环境风险
验证EDF的设施设备是否符合环境规范

- protect EDF facilities from flood and drought environmental risks
- verify the compliance of EDF's facility equipment with environmental regulations

75年内

实验室不断扩大
进行水利水电、核能、水文等方面的实验
测量工作

The laboratory is continuously expanding and conducting experimental measurements in areas such as hydraulic power, nuclear energy, and hydrology.

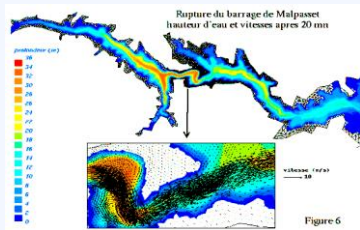
20th70年代

实验室开发了一系列水动力，水质，波浪等数值仿真代码

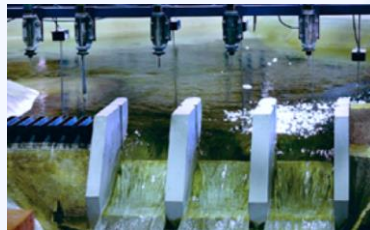
The laboratory has developed a series of numerical simulation codes covering different disciplines such as hydrodynamics, water quality, and wave studies



巴黎印象岛LNHE



数值模拟仿真
Numerical simulations



水利实验
Hydraulic experiments



现场勘测
Field surveying

- 国家环境和农业科学技术研究所
- National research institute of science and technology for environment and agriculture, IRSTEA

- 圣维南水力学实验室
- Saint-Venant Hydraulics Laboratory

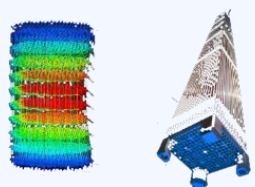
水利水电通用模型

General hydroelectric model

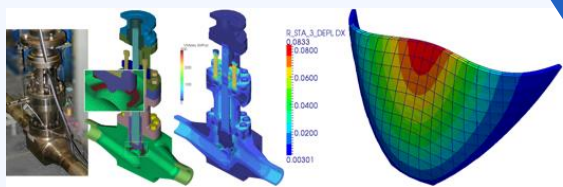
通用结构有限元求解器

General Structure finite element solver

- 线性非线性动静热耦合的固体力学解决方案
Linear and nonlinear dynamics-steady-state thermal coupling
- 超过160个材料本构模型/400多种单元类型
Over 160 material constitutive models/Over 400 element types
- 强大的并行计算能力适用于HPC高性能计算
Powerful parallel computing capability suitable for HPC
- 经过大量案例验证工业领域广泛应用30余年
Widely applied in industrial fields for over 30 years

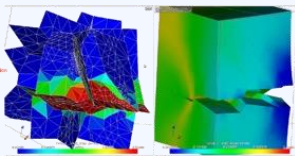


辐照作用下反应堆堆芯
燃料组件热力耦合仿真

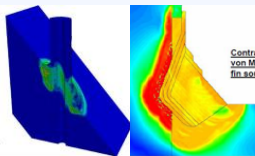


阀门管件热冲击下
热力耦合仿真模拟

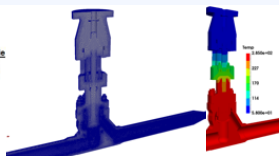
高拱坝结构形变
特性与抗震分析



压水堆应力腐蚀机理
连接处的破裂与位移



PWR电路组件
焊接过程模拟



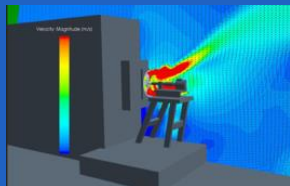
阀门管道件在冷热
冲击下的质量检验



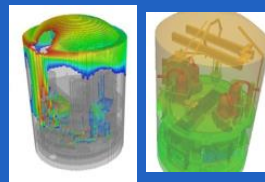
通用计算流体力学求解器

General fluid dynamic solver

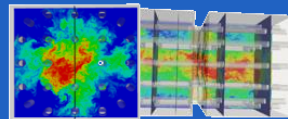
- 模块化设计的先进流体力学解决方案
Advanced modular design fluid dynamics solution
- 水流波浪泥沙等多种水力学现象模拟
various hydraulic phenomena such as water flow, waves, and sediment
- 并行计算效率高, 高性能计算能力强
High parallel computing efficiency, high-performance computing
- 30年稳定更新完善, 大量验证与结果
Stable updates and improvements & extensive validation cases



风扇叶片设计
虚拟实验系统



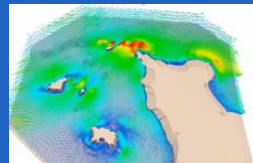
严重事故的分析计算
安全壳内部氢气扩散



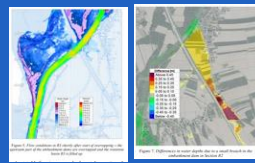
堆芯燃料组件十亿级
网格的LES大涡模拟



溃坝引起的洪水对下游
沿河建筑设施等的影响



新能源开发
潮流能评估



洪波和溢流坝模型
洪水安全风险分析



通用水利仿真软件

cloud-based CAE simulation and diverse hydraulic engineering
融合云端CAE仿真与多样化水利APP平台

- 行业级云原生CAE仿真
Industry-level cloud-native CAE simulation
- 水利行业场景APP应用
Application of APP for water resources industry scenarios
- 水利水电工业APP商城
Hydroelectric industry App marketplace



专业水利水电仿真软件

Internet technology, simulation software, and accumulated hydraulic engineering knowledge
融合互联网技术、仿真软件与水利知识沉淀

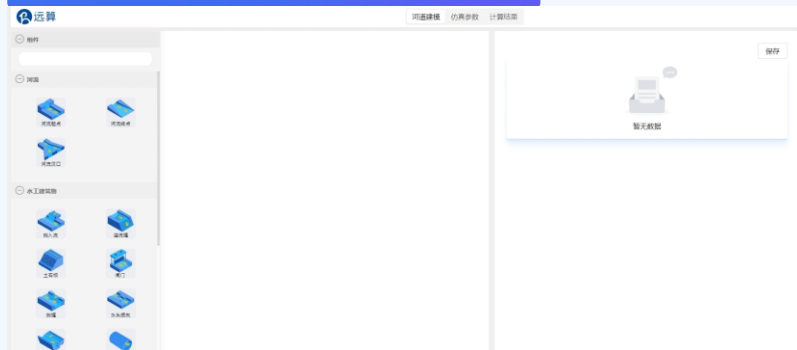
- 云端设计仿真一体化
Cloud-based integrated design and simulation
- 模块化组件工具复用
Reusable modular component tools
- 显性化水利知识诀窍
Explicit presentation of water resources knowledge tips

水利水电云端软件

Hydroelectric cloud-based software



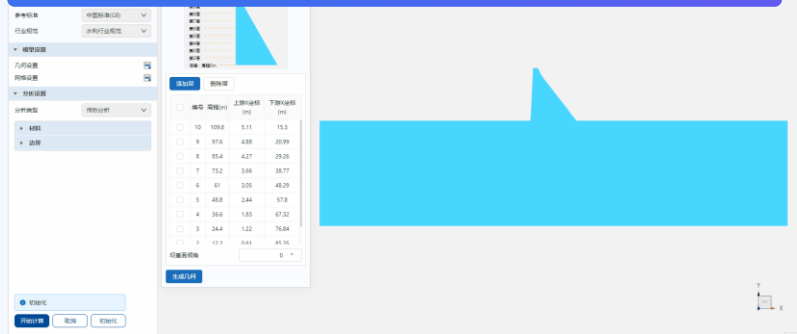
一维水动力 1D hydrodynamic



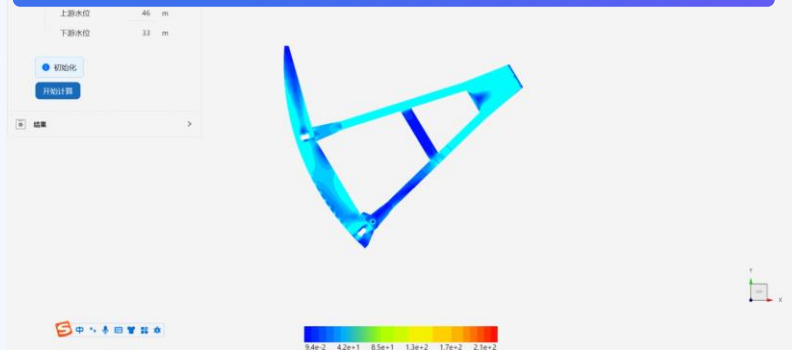
二维水动力 2D hydrodynamic



大坝设计仿真软件 Dam design simulation software



金属结构设计仿真软件 Structural design simulation software



远算水利水电数字孪生-建设路径



YuanSuan's hydroelectric digital twin – implementation plan

Professional hydraulic engineering models

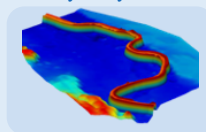
水利专业模型

hydrological model



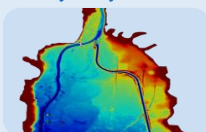
水文模型

1D hydrodynamic model



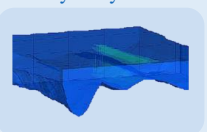
一维水动力模型

2D hydrodynamic model



二维水动力模型

3D hydrodynamic model



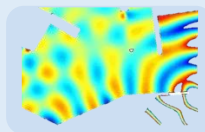
三维水动力模型

water quality model



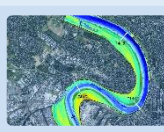
水质模型

wave model

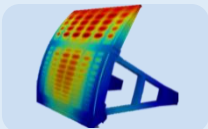


波浪模型

sediment model

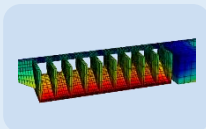


泥沙模型



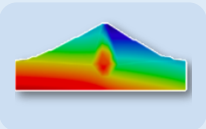
金属结构有限元模型

finite element model of metal structures



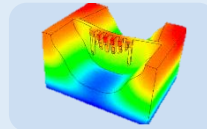
混凝土结构有限元模型

finite element model of concrete structure



岩土结构有限元模型

finite element model of geotechnical structures



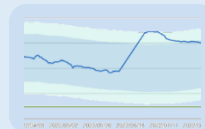
稳定性分析模型

stability analysis model



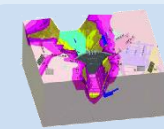
金属结构数据分析模型

data analysis model for metal structures



混凝土结构数据分析模型

data analysis model for concrete structures



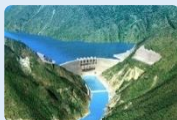
岩土结构数据分析模型

data analysis model for geotechnical structures

Digital twin application



数字孪生业务场景



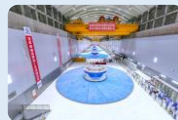
水库安全

Reservoir safety



水电站

Hydroelectric power station



水轮机

Hydraulic turbine



泵站闸阀

Pump station gates and valves



堤防工程

Embankment engineering



流域防洪

Basin flood control



灌区调度

Irrigation district scheduling



引水工程

Water diversion project



城市防洪

Urban flood control

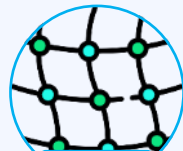
水利模型应用1-水工建筑物安全管理

Application 1 - Safety management of hydraulic structures



水文

水位预报
Water level
forecast



结构有限元

工程结构安全
Engineering structure
safety



水动力

泄洪淹没分析
Flood discharge and
inundation analysis



水动力

溃坝过程和风险分析
Dam break process and risk
analysis



泥沙



流体力学

金属闸门流致振动问题
Fluid-induced vibration issues
of metal gates

Virtual measurement points



虚拟测点

Intelligent analysis



智能分析

Diagnostic alarms



诊断告警



工信部2022年工业APP创新应用一等奖

工信部2021年工业互联网APP优秀解决方案

水利部2022年先进实用技术重点推广指导目录

入选2021年浙江省首版次软件产品应用推广指导目录

连续2年获得仿真领域“奥斯卡”奖项——卓越应用奖



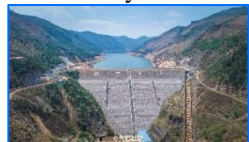
混凝土拱坝
arched concrete dam



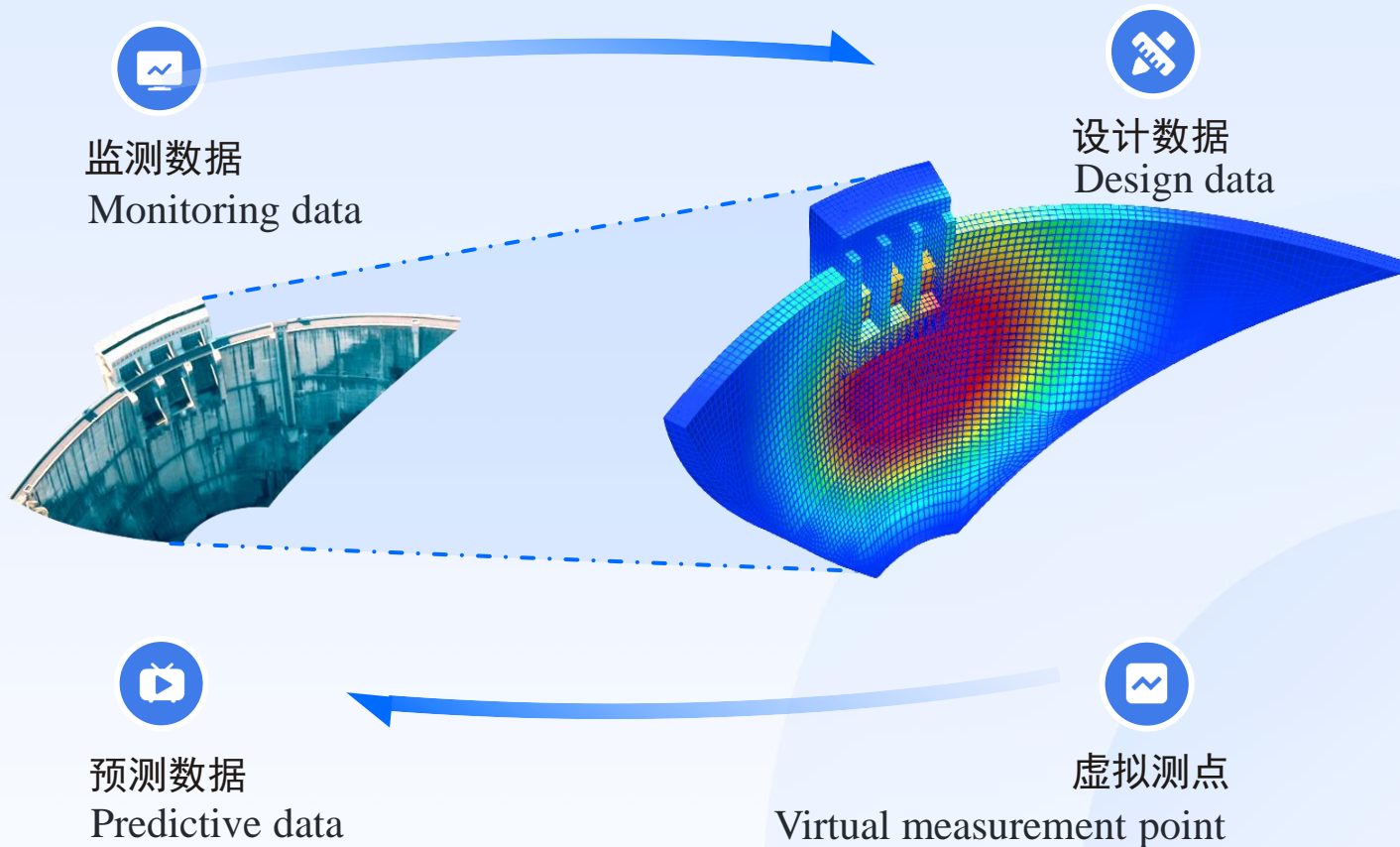
土石坝
Earth and rock-fill dam



重力坝
Gravity dam



面板堆石坝
concrete face rockfill dam



大坝健康管理-预报

Dam health management - Forecast



Real-time forecasting

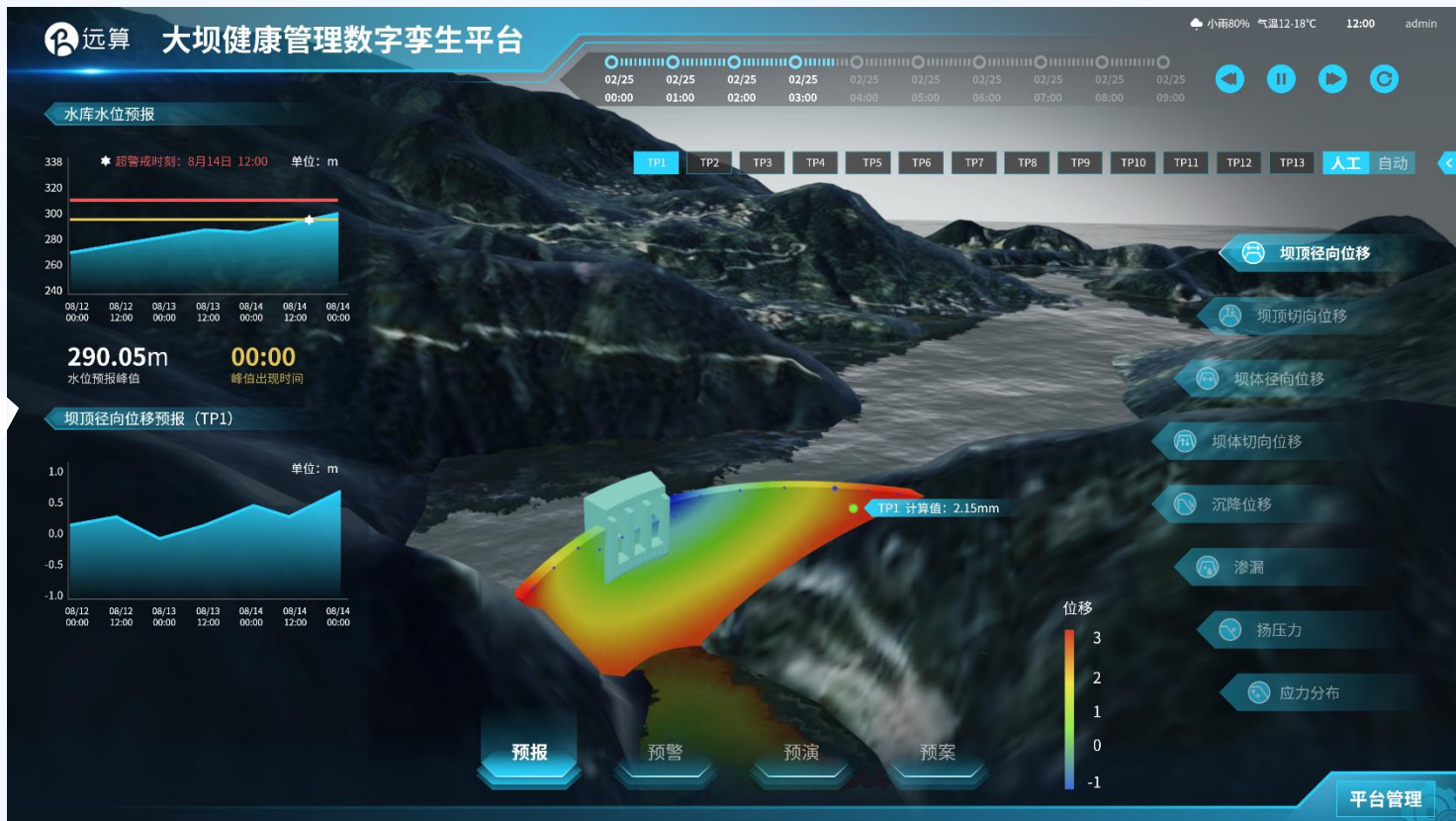
水库水位
实时预报

reservoir water level

critical safety
indicators engineering:
displacement,
seepage,
uplift pressure
Stress
Etc.

工程安全
关键指标
预报——

位移/渗漏/
扬压力/应
力



大坝健康管理-预警

Dam health management - Forewarning



Multidimensional

多维预警
信息统计

Multilevel
风险预警
多级评判

Traceable
预警定位
详情追溯

Key indicators
Forewarning analysis
工程安全
关键指标
预警分析



大坝健康管理-预演

Dam health management - Prediction



Customizable scenarios

预演情景
条件自设

Retrieval historical simulation results

历史预演
成果调看

Dynamically correlated

key parameters
位移-水位
关键参数
动态关联

Trend analysis of security situation

安全态势
趋势分析



水库大坝的溃坝分析

Dam break analysis of reservoirs

Professional software for dam break analysis

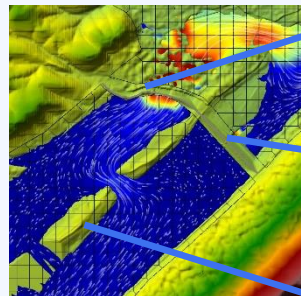
水库大坝溃坝分析专业软件

- 分析研究水库溃坝时坝址上下游水流状态和可能的决口形式，
Emergency plan Emergency response and evacuation strategy
对于制定水库应急预案和下游抢险疏散策略至关重要。
- 远算定制开发模块化的水库大坝溃坝分析专业软件，支持考虑
土石坝、混凝土拱坝和混凝土重力坝等多种坝体的溃决过程，
95% model accuracy comparing with commercial software
模型精度与商软相比可达95%，实现国产化替代商业软件。

Replacement of domestic software



国家能源局大坝安全监察中心
Large Dam Safety Supervision Center, National Energy Administration



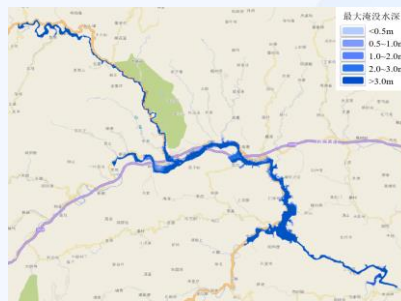
混凝土拱坝
arched concrete dam



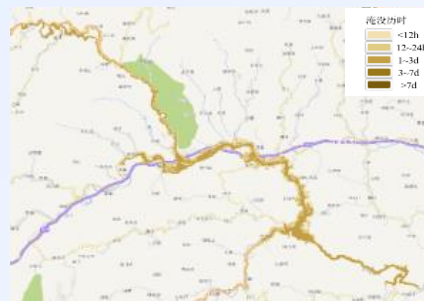
混凝土重力坝
Gravity dam



土石坝
Earth and rock-fill dam



全域淹没水深云图
Global inundation depth map



全域淹没历时云图
Global inundation duration map

大坝健康管理-建设成果

Dam health management – construction achievement



1万+

虚拟测点 (原70+)

Virtual measurement points: 70 → 10,000



6+类

核心物理量预测

Prediction of Core physical quantities



3种

风险等级评估

Risk assessment



70%

降低硬件投入

A 70% reduction of hardware investment



<5分钟

极端天气实时预演

Real-time forecasting under extreme weather conditions

- ✓ 工信部2022年工业APP创新应用一等奖
- ✓ 工信部2021年工业互联网APP优秀解决方案
- ✓ 水利部2022年先进实用技术重点推广指导目录
- ✓ 入选2021年浙江省首版次软件产品应用推广指导目录
- ✓ 连续2年获得仿真领域“奥斯卡”奖项——卓越应用奖



【大坝实时健康“体检系统”】

A real-time health examination system

A strategic cooperation agreement
与“国家能源局大坝安全
监察中心”签订战略合作



水利模型应用2-流域洪涝和水资源管理

Application 2 - Watershed flood control and water resources management



水文

洪水预报

Flood forecasting



水动力

洪水演进与联合调度

Flood evolution and joint operation



水质

水生态管理

Water ecology management



水文

中长期水资源管理

Medium-to-long term water resources management



自主建模 Autonomous modeling

Comprehensive forecasting



全域预测

Risk scenario analysis



风险推演

Multi-departmental collaboration



多跨协同



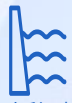
流域地形地貌
Topography



DEM高程信息
DEM Data



河流断面数据
Cross-section data



水利工情信息
conservancy engineering



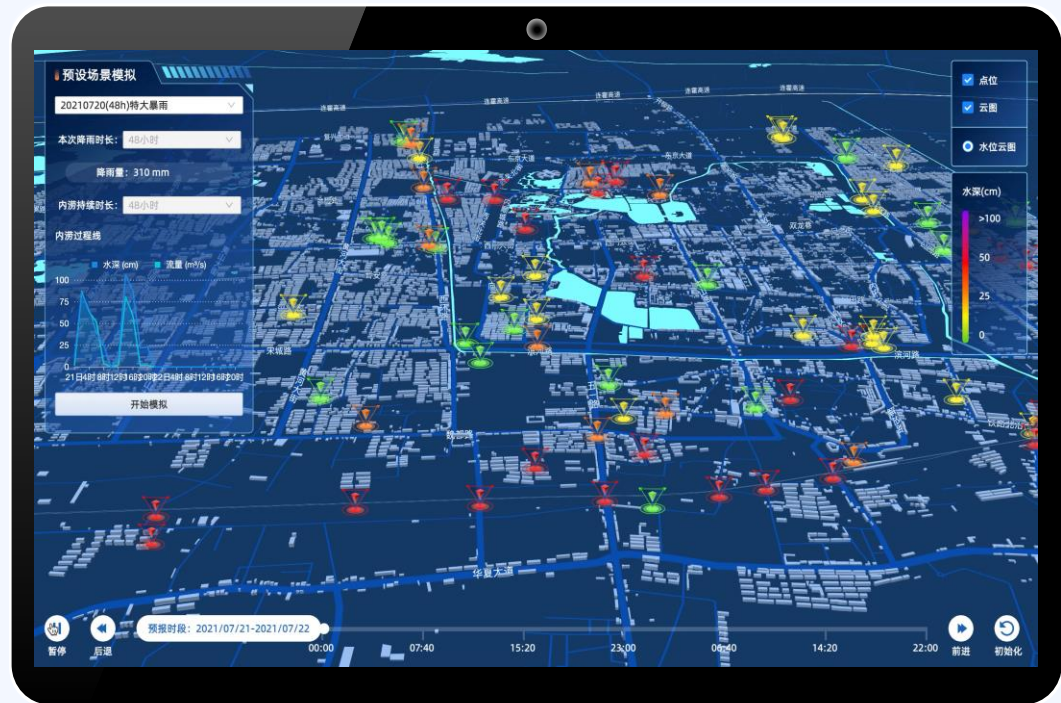
水位监测信息
Water level monitoring



降雨预报数据
Rainfall forecast

水利模型应用3-城市内涝预报预警

Application 3 - Urban waterlogging forecast and warning



地表汇流和径流模型
Surface runoff and routing model



地下管网水模型
Underground pipe network water model

降雨 Rainfall



管网
Pipe network



建筑
Building



自主建模

高程



Elevation

遥感

Remote sensing

Global control



全局掌控

Risk prediction



风险预知

Real-time interaction



实时交互



水利模型应用4-灌区水资源管理

Application 4 -Irrigation water resources management

Digital twin irrigation district platform

数字孪生灌区平台

- 实现灌区各干渠未来7天的精细化来水预报、需水预测，助力水资源管理精准决策。
fine-grained water inflow forecasting and water demand prediction
- 分析水资源供需平衡，实现各分水口的水资源科学配置，提高用水效益。
water supply and demand analysis and scientific allocation of water resources
- 提前获得最优闸群调度方案，及时精准地将水配水至用水户
optimal gate group scheduling plans



Forecasting of water supply and demand and decision support



供需水预报决策

Precise scheduling of water resources



水资源精准调度

Intelligent scheduling for water and drought disaster prevention



水旱灾害防御智能调度

Safety pre-assessment for engineering projects

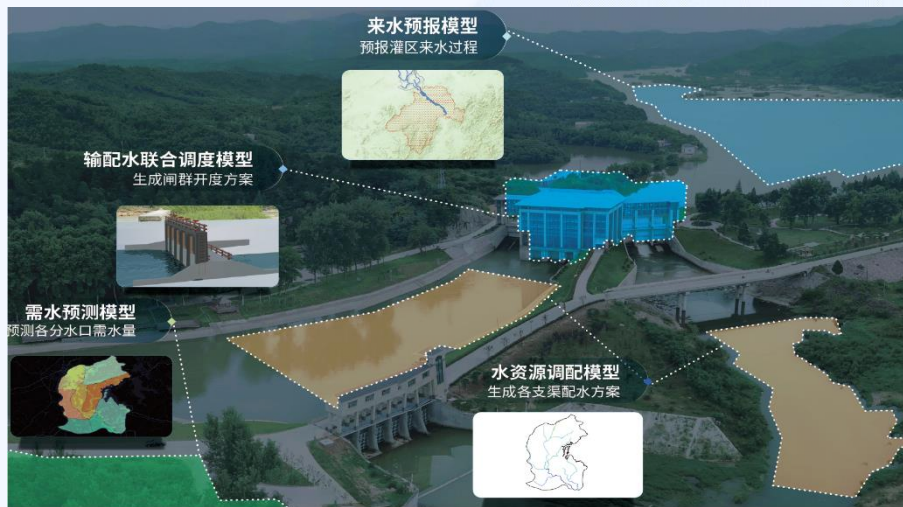


工程安全预判

Optimized allocation of water resources

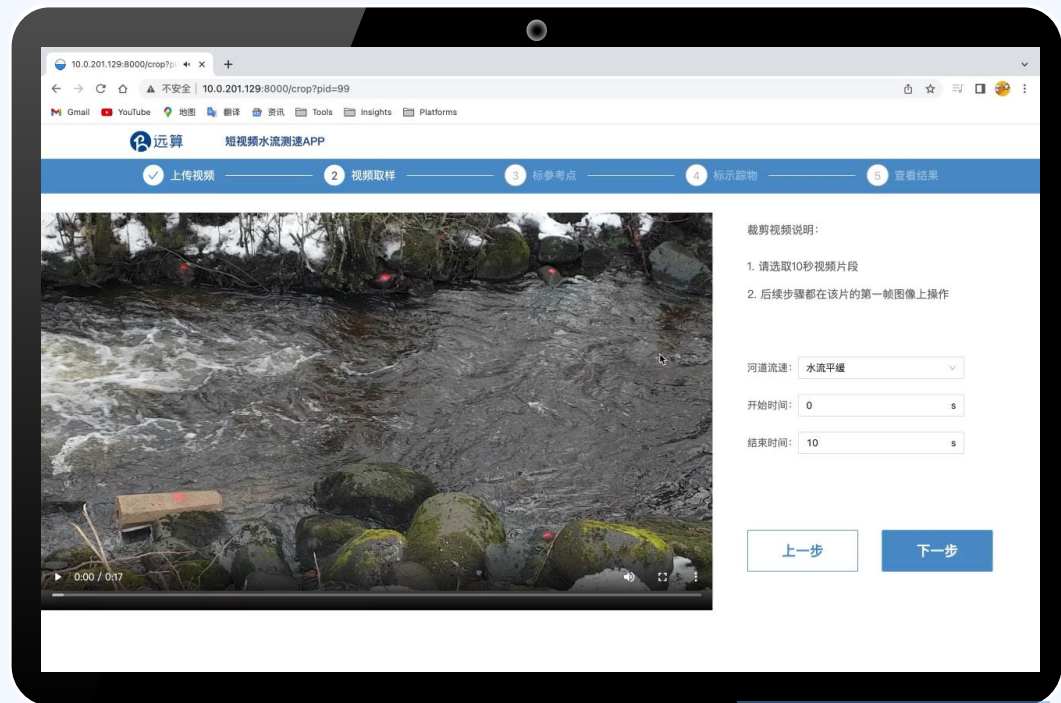


水资源优化配置



水利模型应用5-AI算法短视频测流速

Application 5 - AI algorithm for flow velocity measurement by short video



Non specialist equipment



无需专业设备

Non - contacted



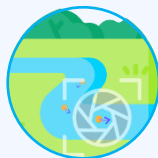
非接触式

Non - delayed



即拍即测

已应用模型



粒子图像测速
Particle image
velocity (PIV)
measurement

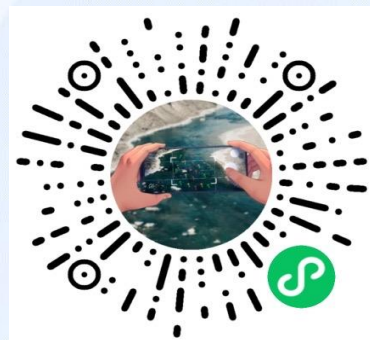


云计算/边缘计算
Cloud/ edge
computing



图像正射矫正
Image orthographic
correction

扫码立即试用



扫码试用

水利模型应用6 - 水电设备数字孪生

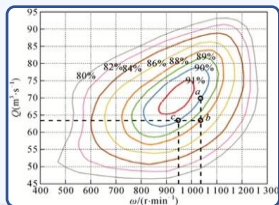
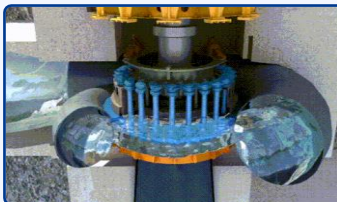
Application 6 - Digital twin of hydroelectrical equipment



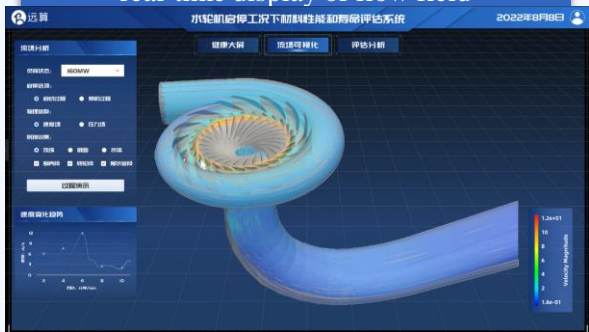
数字孪生水轮机 Digital twin of hydro turbine

水轮机运行效率优化及设备健康评估

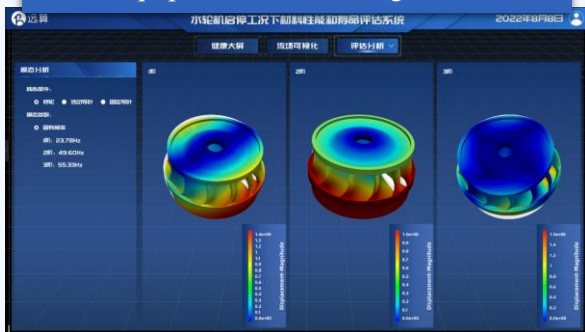
水轮机流场仿真，预测精细到0.1MWe的水轮机全运行功率范围的运行效率，智能推荐最优效率的运行条件。基于流固耦合，实现对关键过流部件强度、寿命的评估。



数字大屏 - 复杂内流场实时展示
real-time display of flow field

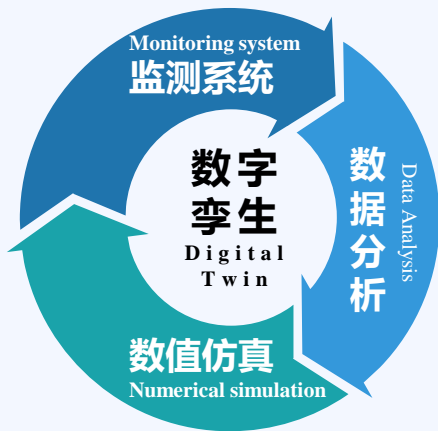


科学运维 - 核心设备健康管理
equipment health management



水轮机发电设备智能监测预警评估

面向水轮机多项运行指标开展智能监测优化，构建发电设备设施智能监测算法模型，实现智能化异常诊断、动态阈值预警与运行状态评估

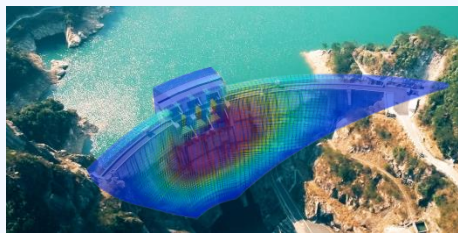


数据分析 - 核心设备预测预警
equipment predictive warning



远算水利水电行业数字孪生成果

Yuansuan Digital Twins in the hydroelectrical industry



华光潭水库大坝健康管理



江西灌区水资源管理数字孪生



临洮水旱灾害数字孪生



分水江水利枢纽大坝健康管理



杭州西湖区城市内涝预警系统



千岛湖支流流域山洪风险



横锦水库泄洪风险评价



开封城市内涝预警系统



钱塘江支流流域库群防洪联合调度

远算数字孪生能力

key technologies and capabilities



国家超级计算济南中心
NATIONAL SUPER COMPUTING CENTER IN JINAN



国家超级计算无锡中心
National Supercomputing Center in Wuxi

算力 computing power

全球HPC TOP5/中国最大
超算中心独家官方合作

+



集总/分布式水文模型



结构模型



流体力学模型



水动力模型

算法 computing algorithm

代码可控，应用丰富
企业级国产仿真软件

+



监测数据



数据分析



扫测数据



数据建模

算据 computing data

AI数据分析，赋能业务大坝安全，
流域山洪、城市内涝，水资源管理



国家能源局

大坝安全监察中心



国际小水电中心



水利部产品质量标准研究所

HIKVISION

杭州海康威视

数字技术股份有限公司



法国电力集团(EDF)下属

法国国家水利与环境实验室

THANKS

F o r w a t c h i n g

