

# 智慧流域关键技术及展望



王浩

中国水利水电科学研究院  
流域水循环模拟与调控国家重点实验室

2018-10-10

# 目录

## CONTENTS

一

智慧流域理念

二

智慧流域物联网建设

三

智慧流域大数据平台建设

四

智慧流域大脑建设

# 目录

## CONTENTS

一

智慧流域理念

二

智慧流域物联网建设

三

智慧流域大数据平台建设

四

智慧流域大脑建设

# 1 智慧流域理念

## 什么是流域？

“水流+水基”二元要件



水流（量、质、流、域）

+

水基（河道、岸堤、工程等）



“自然-人工”二元构成



自然河湖水网（汇流）

+

人工取-供-排-回用水网（散流）



“生态+经济”二元功能



生态环境服务功能

+

经济社会服务功能





# 1 智慧流域理念

## 如何建设智慧流域？



物联网技术：万物互联



物联网实现数据汇集和万物间信息的传递

大数据技术



大数据技术处理汇集的“大数据”形成“知识”

人工智能技术



人工智能总结归纳“知识”，凝聚“智慧”

# 1 智慧流域理念

## 智慧流域建设的关键技术有哪些？



人工智能技术  
(凝聚智慧)

大数据技术  
(形成知识)

物联网技术  
(汇集数据)

智能监测技术  
(采集数据)

# 目录

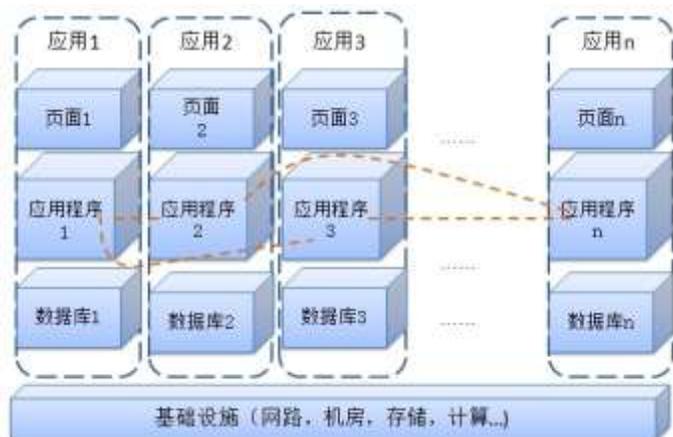
## CONTENTS

- 一 智慧流域理念
- 二 智慧流域物联网建设
- 三 智慧流域大数据平台建设
- 四 智慧流域大脑建设

## 2 智慧流域物联网建设

### 为什么要建设智慧流域物联网？

烟囱式系统架构



信息孤岛

数据管理难

设备联动难

扩展性差

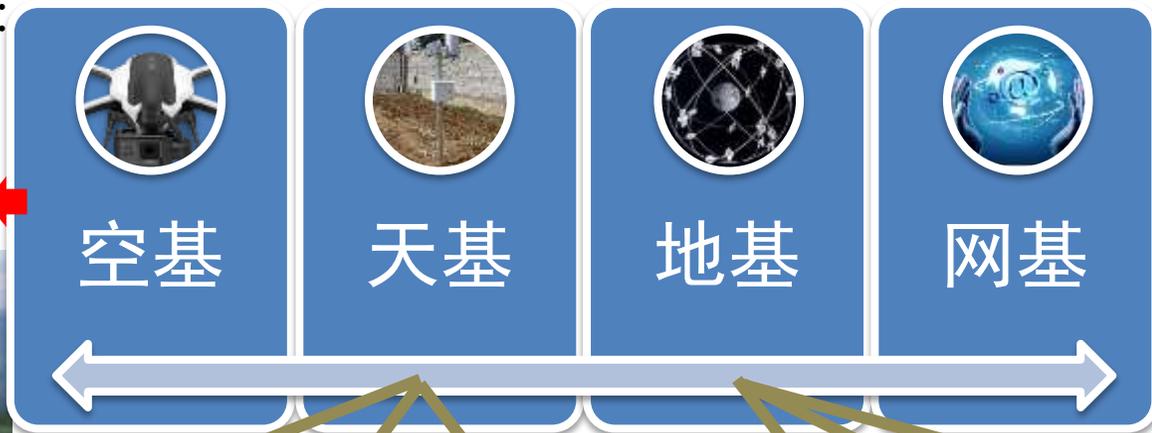
物联网：万物互联



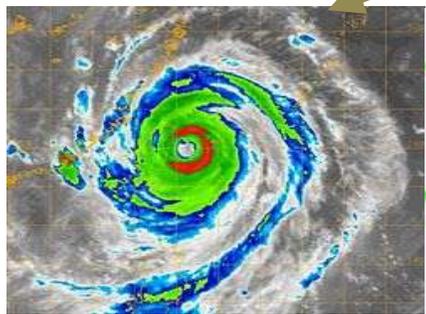
## 2.1 流域智能信息监测技术

### 空天地网一体化监测，发现问题

**无人机**-全天候无人机摄像：  
中心通过购买服务形式不定时  
根据需要进行机动无人机摄影、  
测量和监控。



**舆情监测**-对各大门户网站、移动手机端等进行有关雨水情信息监控。



卫星云图



雷达雨图



遥感影像图



雨量



井下水位



水位

## 2.1 流域智能信息监测技术

### 传统监测设备智能化

升级传统监测设备，支持物联网传输/互联协议。

#### NB-IoT水位计



#### 智能水位计

- ✓ 水位监测数据自动校准
- ✓ 水位预警自动加密监测
- ✓ 水位监测数据质量分析

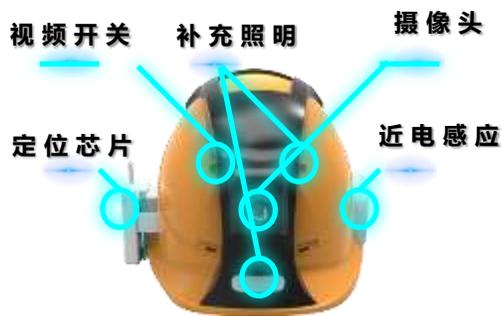
#### 智能传感器



- ✓ 自检、自校、自诊断功能
- ✓ 数据处理功能
- ✓ 组态功能
- ✓ 信息存储功能
- ✓ 数字通讯功能

### 智能监测设备研发

研发智能监测设备，丰富监测手段。



#### 智能安全帽

智能安全帽集成了定位、摄像、通话、静电感应等功能，实现人的工作状态数字化监控。

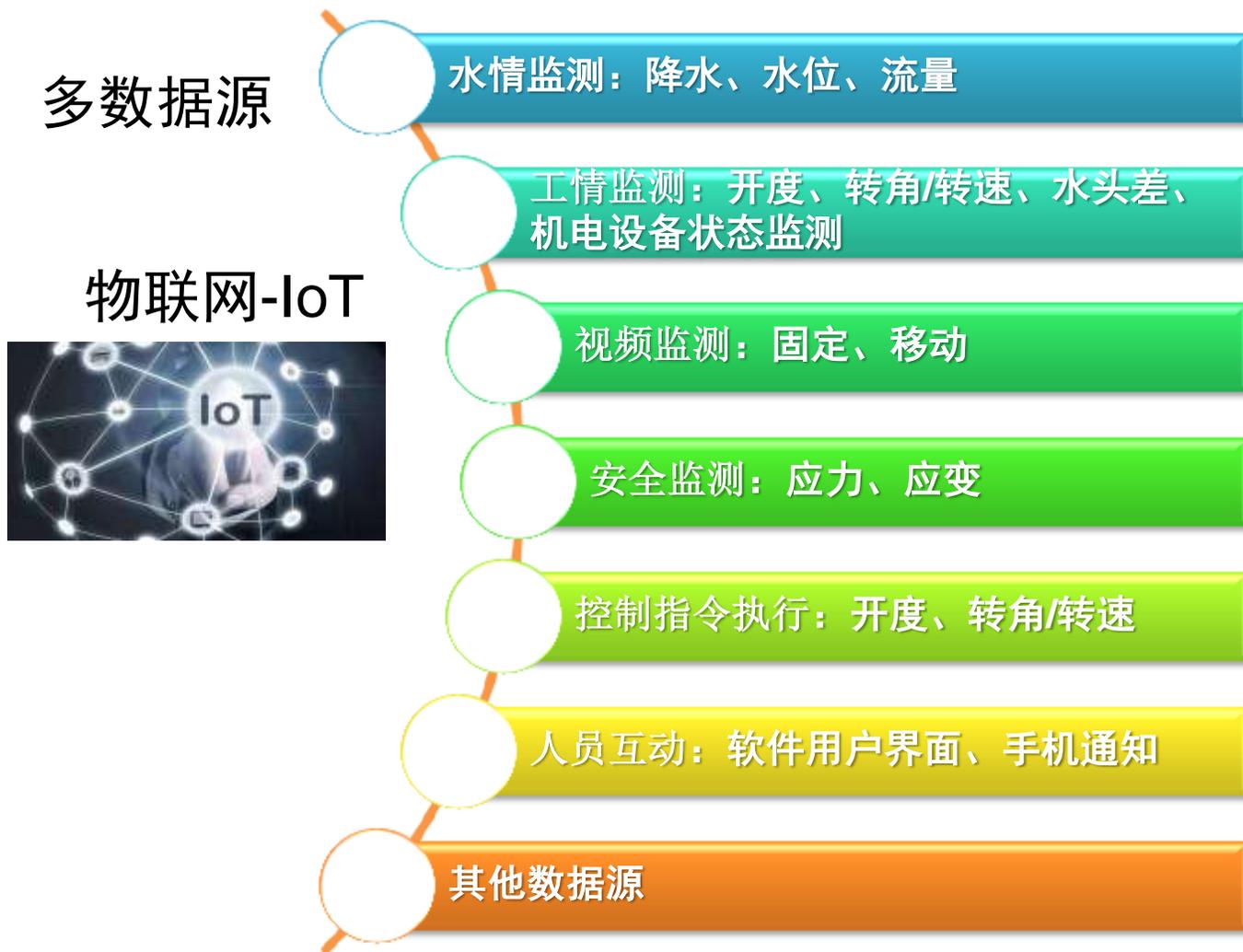


#### 智能巡检机器人

厂房内平缓行进的巡检预警机器人时不时调整视角，通过识别现场图像、声音、震动、温湿度等环境信息，将观察到的一切实时信息回传监控平台。

## 2.2 流域物联网 “万物接入” 技术

接入万物：多数据源、水流/设备/结构多对象、跨网段



多对象

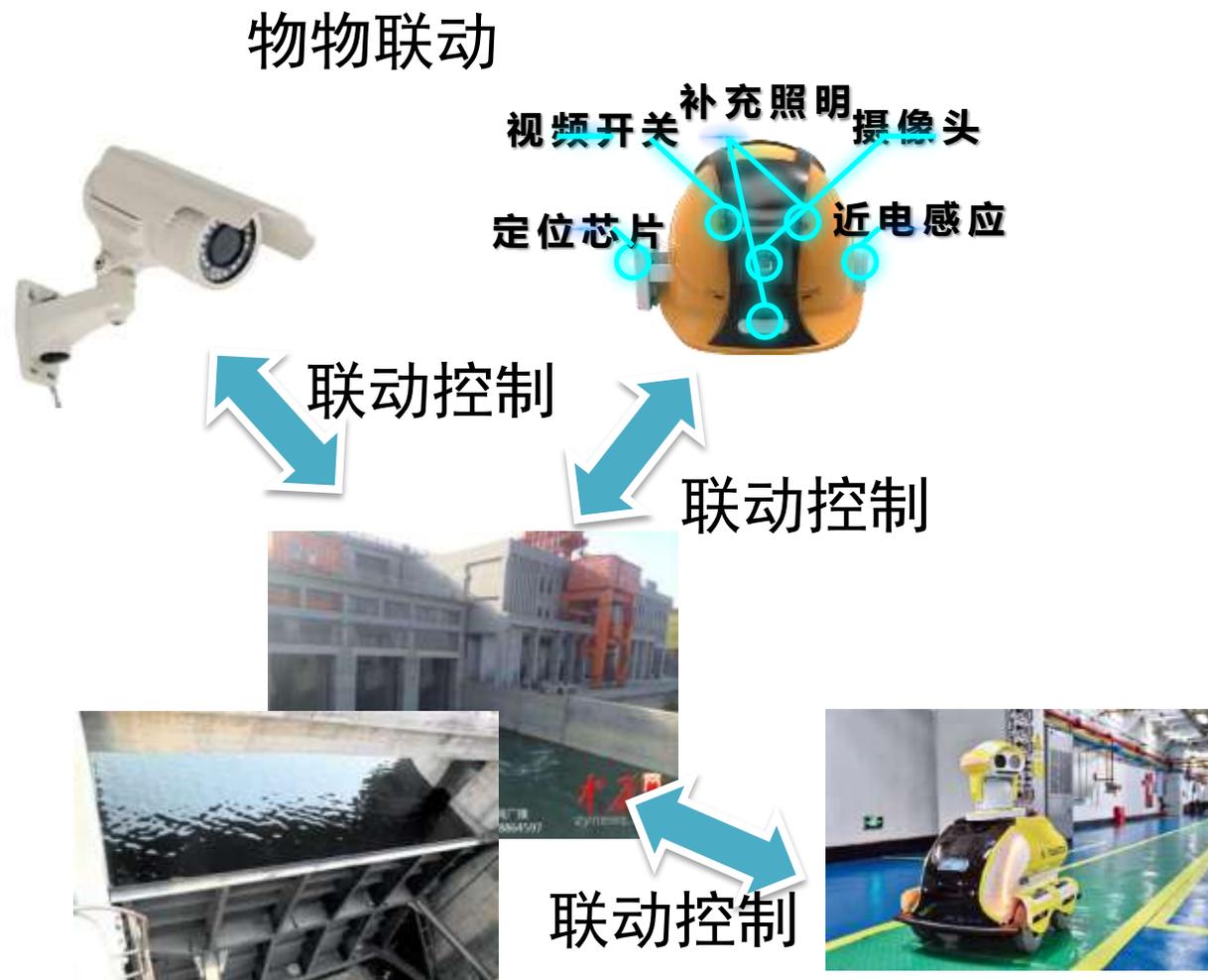


跨网段



## 2.3 流域物联网 “万物联动” 技术

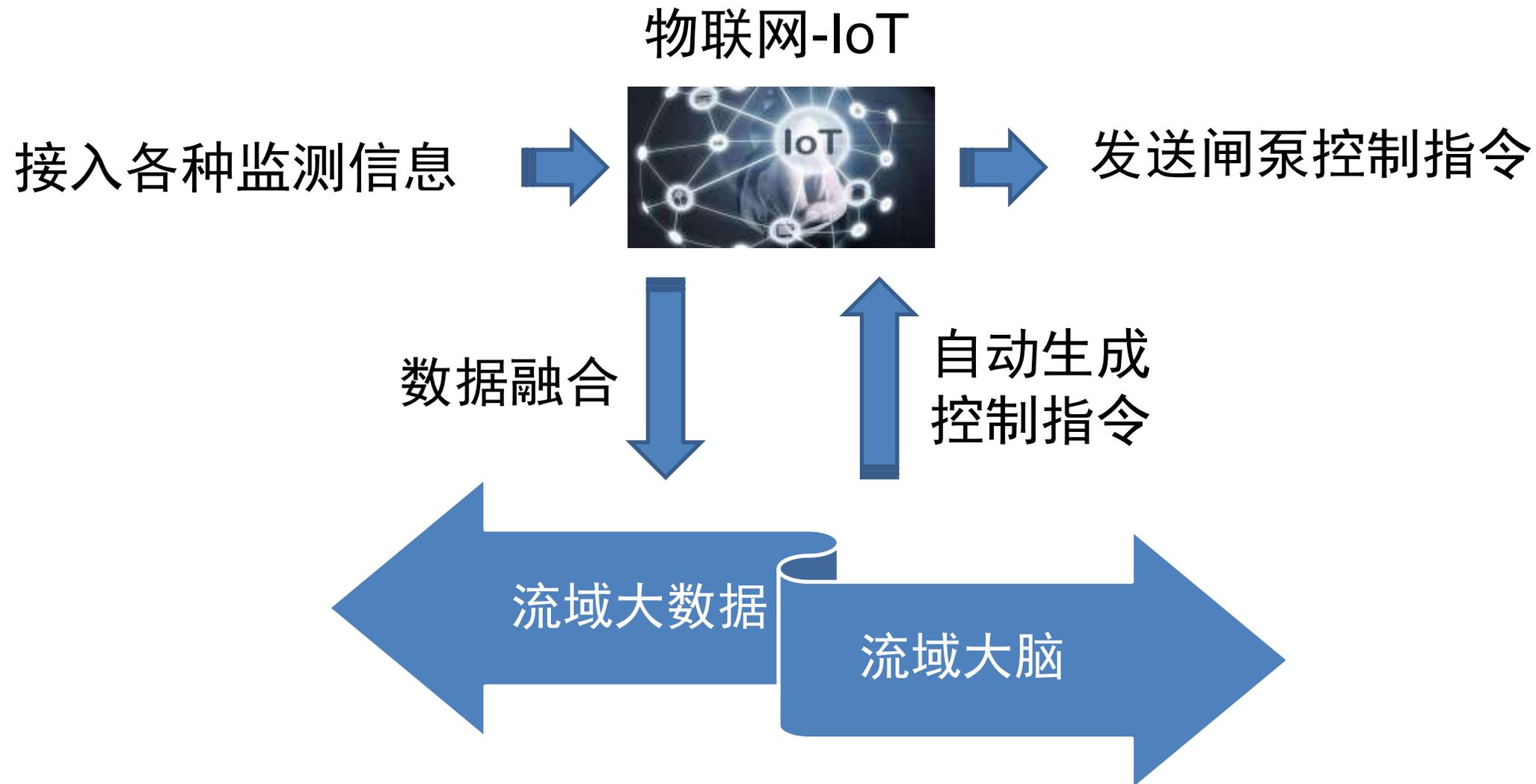
万物联动：物物联动、物人互动



物人互动



## 2.3 流域物联网平台



# 目录

## CONTENTS

- 一 智慧流域理念
- 二 智慧流域物联网建设
- 三 智慧流域大数据平台建设
- 四 智慧流域大脑建设



# 3.1 大数据清洗技术

## 数据清洗技术

数据去伪

数据拟合

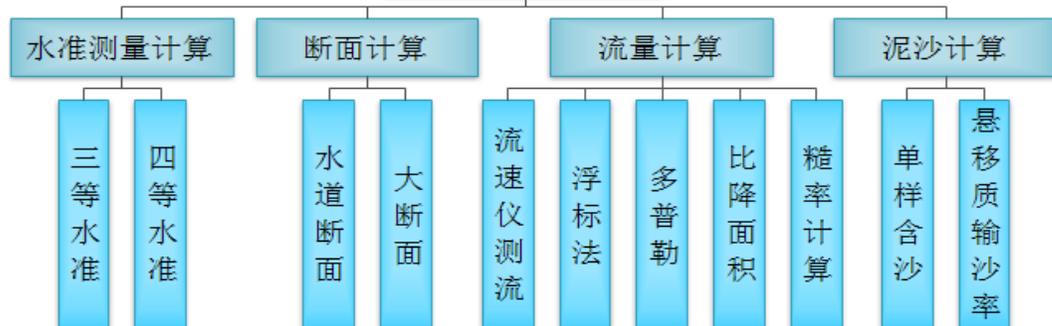
数据插补

数据摘录

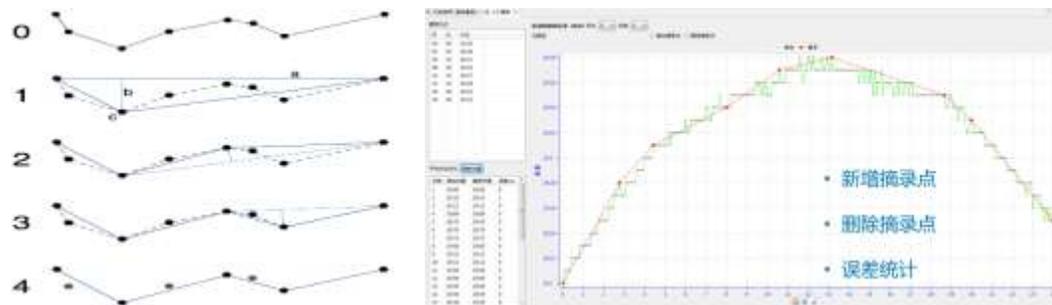
数据整编

综合校验

## 水文监测数据拟合/分析计算



## 基于Douglas-Peucker摘录法的水位自动摘录



## 水文监测数据综合校验

### 单表合理性检查

- 取值范围检查
- 图形检查
- 涨落率检查

### 多表合理性检查

- 极值对照
- 关系曲线
- 摘录检查

### 多站合理性检查

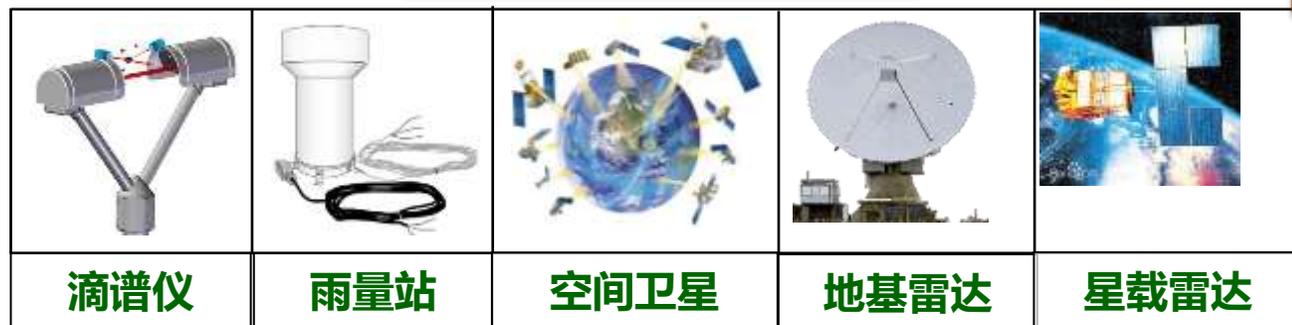
- 上下游水位对比
- 邻站降雨对照

## 3.2 多源数据融合技术

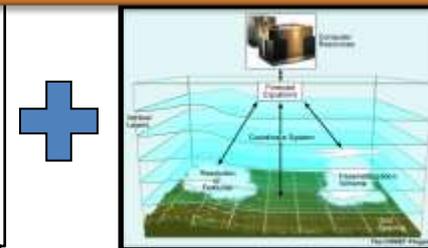
针对同一数据有多重数据来源的特性,采用**多源数据融合技术**,可以综合考虑不同观测源的误差特性及优势。

传统观测：地面站点		星-地-空基遥感探测技术			
优： 直接、 连续观测， 观测序列长	劣： 分布及代表范围有限， 空间插值	优： 高分辨率， 区域覆盖， 空间连续	劣： 间接， 观测环境影响 雷达	优： 获取及时， 全球覆盖， 空间连续	劣： 间接， 观测环境影响 卫星

### 降雨多源观测技术



### 数值降水预报模式



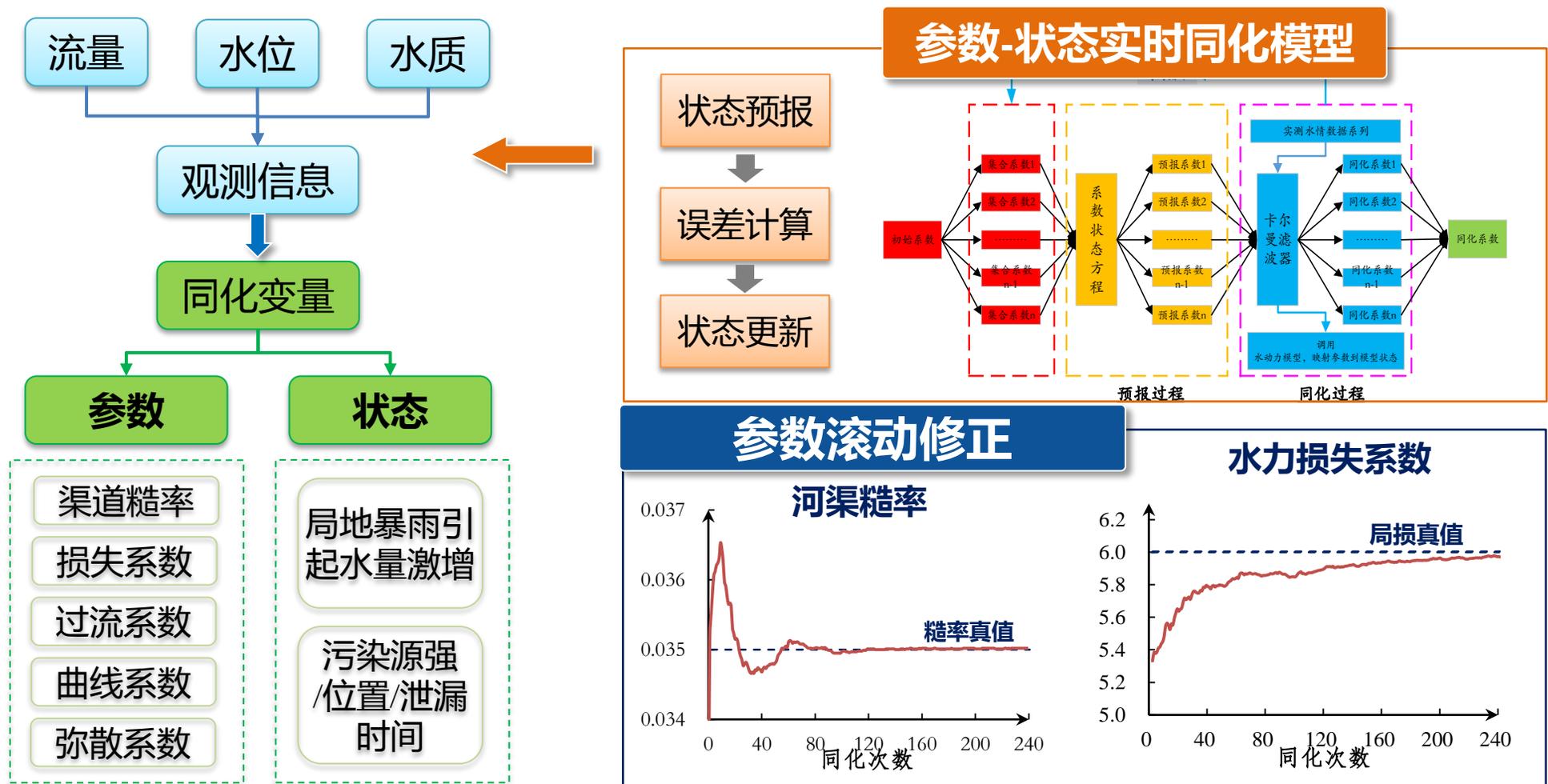
- 变分分析方法
- 贝叶斯统计方法

三维降水回波的  
物理融合VPR-IE方法

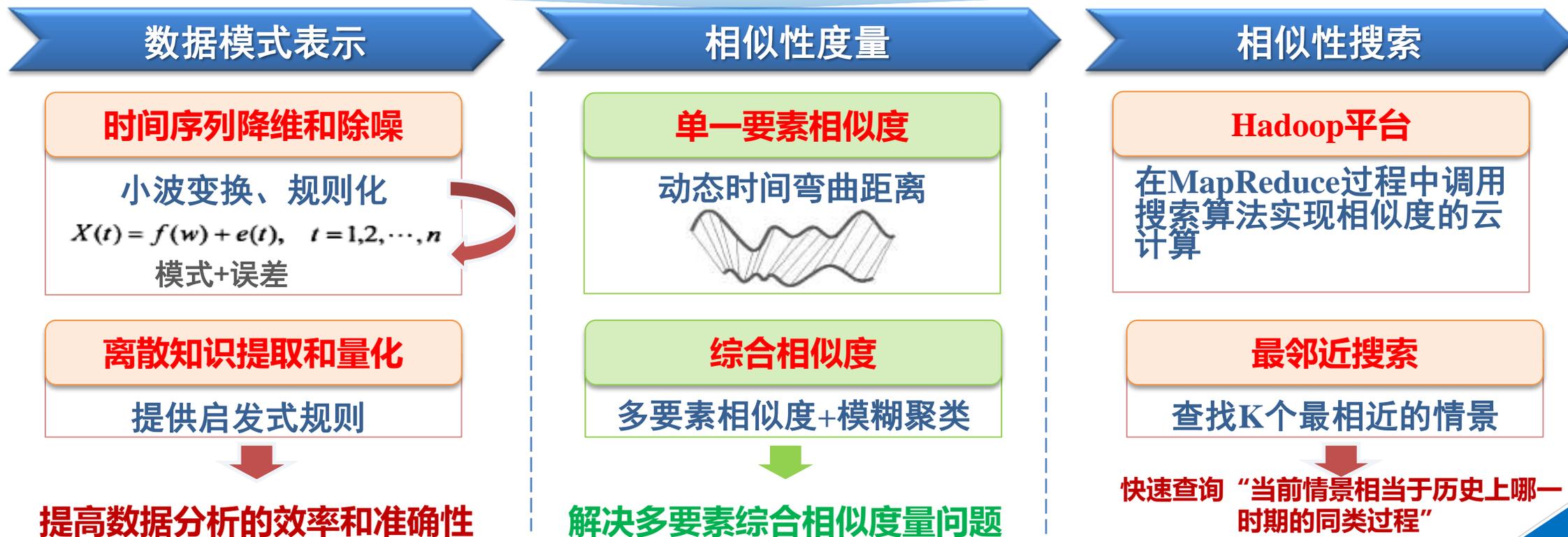
基于卫星-雷达-数值预报  
降水临期集成预报

# 3.3 数据同化技术

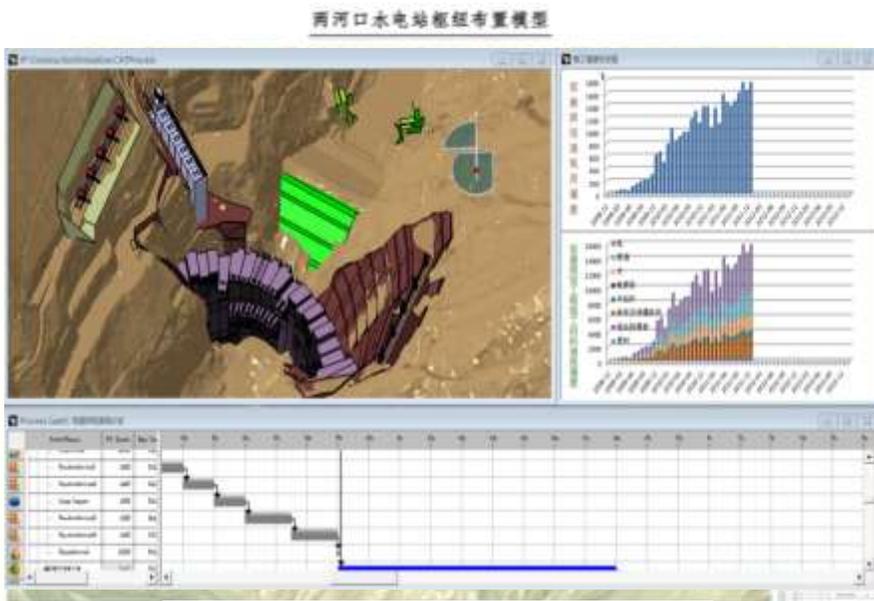
基于流域的气象、流量、水位、水质等监测信息，采用**数据同化技术**，实时同化获得这些参数、状态和边界过程，为流域气象、水文、水动力过程的精细模拟和精准预测提供支撑。



# 3.4 数据挖掘技术



# 3.5 大数据可视化技术



工程建设大数据可视化



流域监测大数据可视化

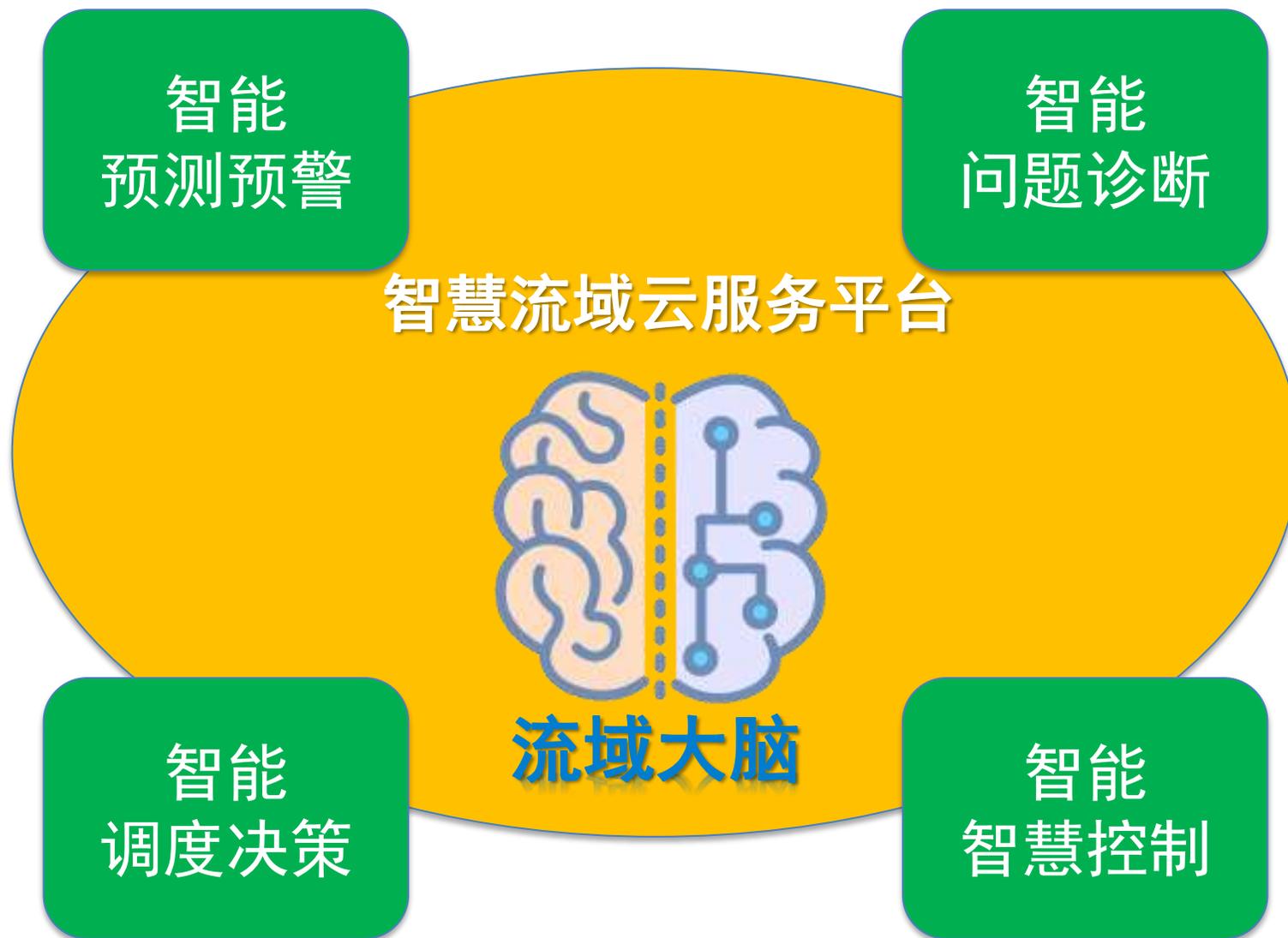
(知识可视化表达)

# 目录

## CONTENTS

- 一 智慧流域理念
- 二 智慧流域物联网建设
- 三 智慧流域大数据平台建设
- 四 智慧流域大脑建设

## 4 智慧流域大脑建设



# 4.1 流域智能预测预警技术

## 传统预测预警模型

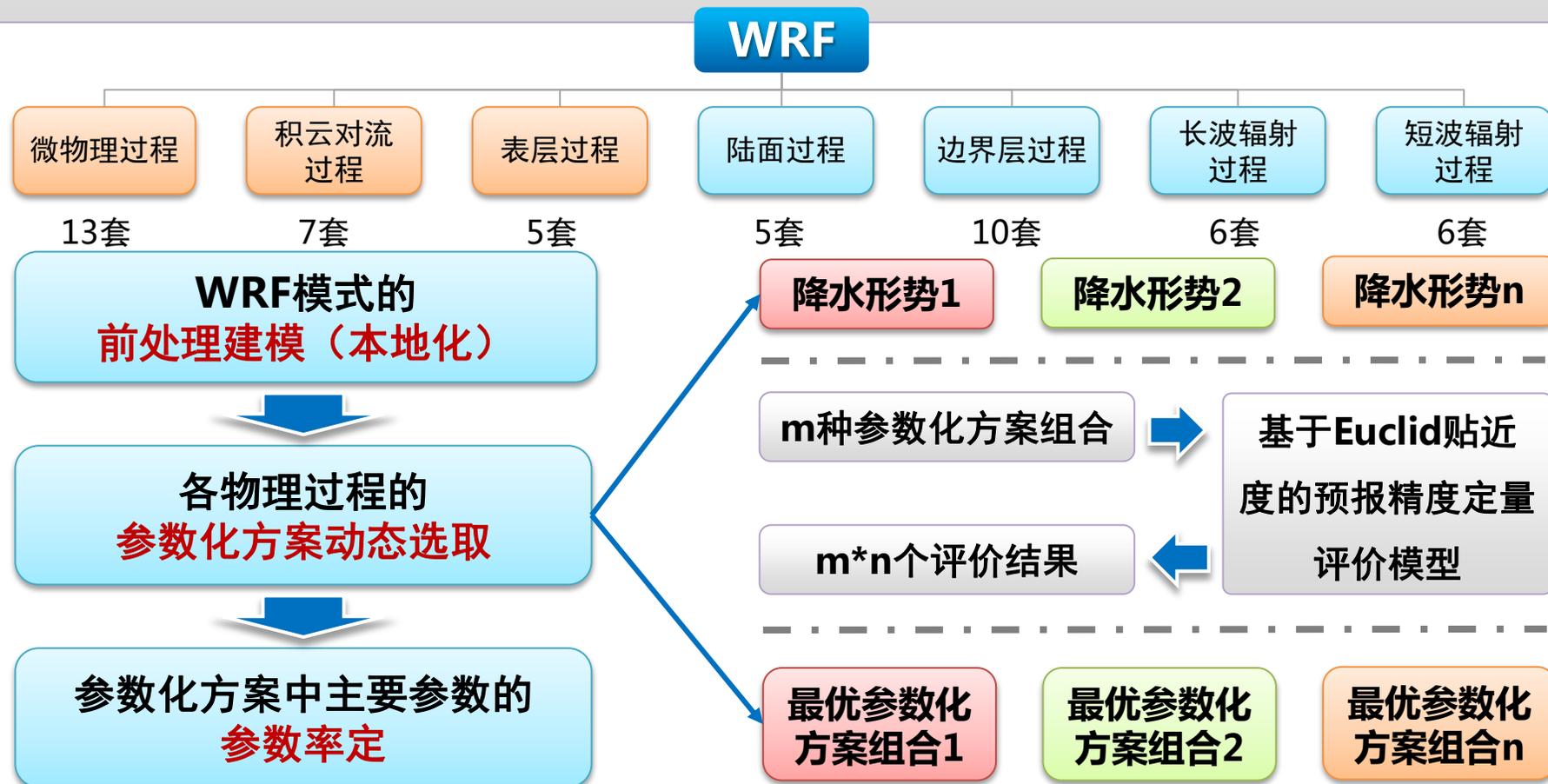


# 4.1 流域智能预测预警技术

## 传统预测预警模型

## 气候变化下的数值天气预报技术

- WRF模式**七大物理过程**各包含多套参数化方案，各方案气象条件适应性不同。
- 各方案均有**数十个参数**，率定难度大。

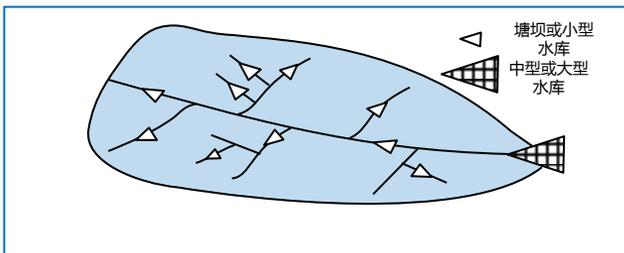


# 4.1 流域智能预测预警技术

## 传统预测预警模型

## 高强度人类活动影响下的水文模拟技术

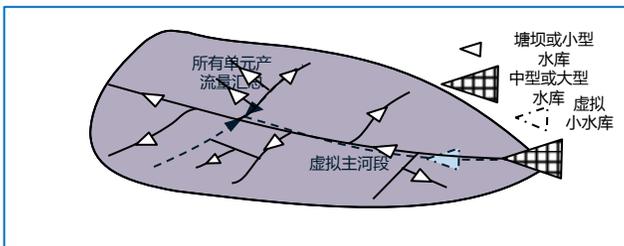
■ 中小型水利工程影响，提出了“聚合水库”的概念，2009年研发EasyDHM



### 虚拟水库入库折算

$$Q = \frac{A}{A_{Sub}} Q_g + \beta Q_r$$

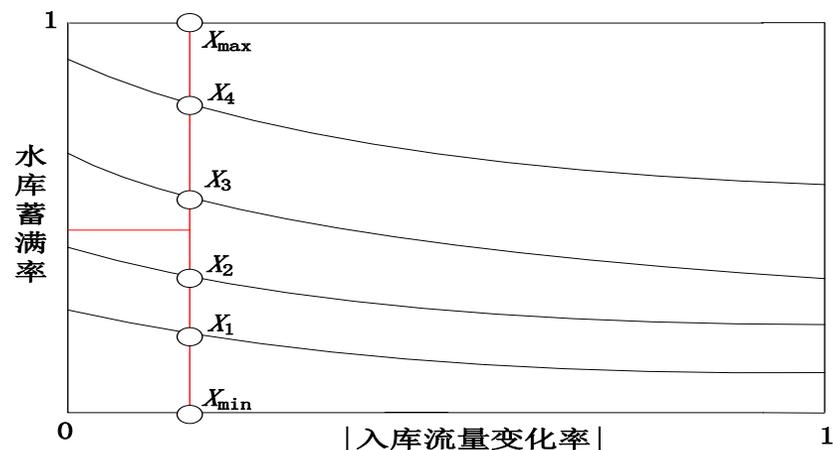
产流折算    汇流折算



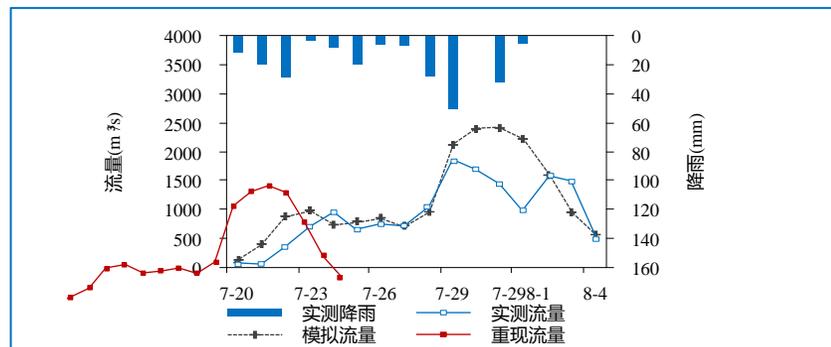
### 虚拟水库出库计算

$$q = f(V/V_m, |Q - Q_0|/Q_0)$$

出库    蓄水情况    入库变化率



年代	洪水等级	洪水场次	不考虑水库调度		考虑水库调度	
			合格场次	合格率	合格场次	合格率
90年代	大洪水	8	6	75%	7	88%
	小洪水	18	6	33%	15	83%
2010年代	大洪水	4	2	50%	3	75%
	小洪水	6	3	50%	5	83%
总场次		36	17	47%	30	83%



五道沟站20100729洪水

考虑工程调度作用后，洪水预报合格率能提高36%

# 4.1 流域智能预测预警技术

## 智能预测预警模型

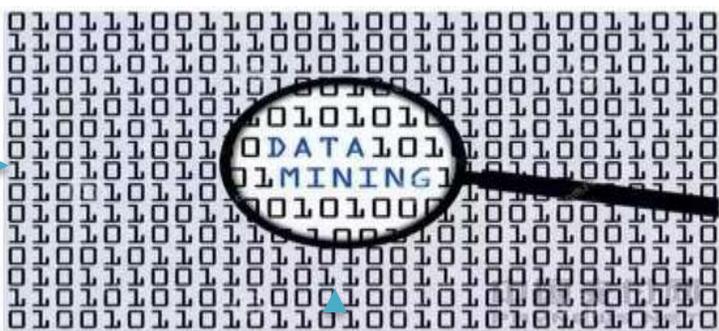
## 基于数值与智能方法相结合的中长期径流预测技术

- ✓ **集合预报**能够综合不同预报方法的预报技巧，在趋势预测中表现较好，但其具有不可避免的“削峰填谷”作用，造成**对极值现象预报效果较差**；
- ✓ 利用海水比热容较大的特性，以海冰封冻和融化作为影响因子，通过**大数据挖掘**，构建海冰封冻、融化与降水径流异常事件的相关关系，作为极值预报依据；
- ✓ 利用极值预报结果对集合预报进行修正，形成最终预报结论。

海冰封冻

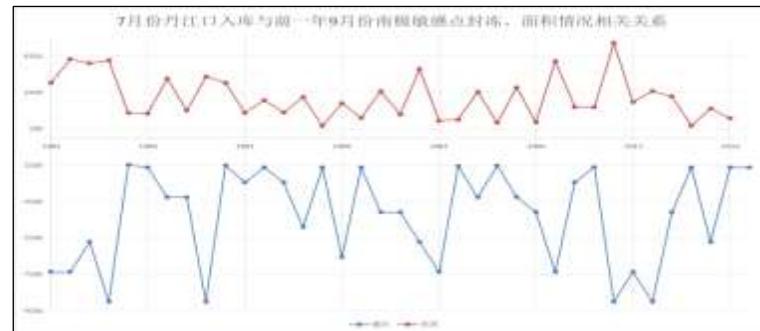


海冰融化

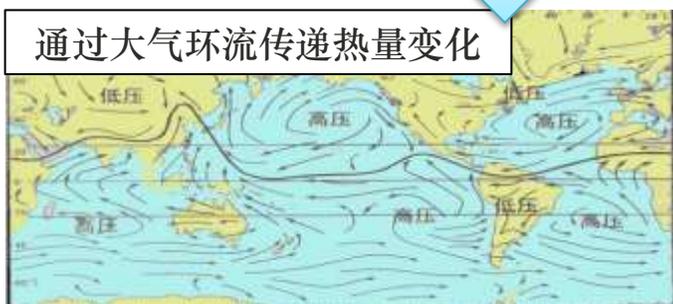


数据挖掘

知识发现

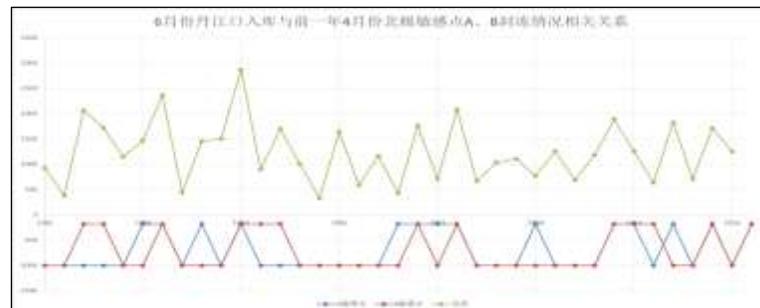
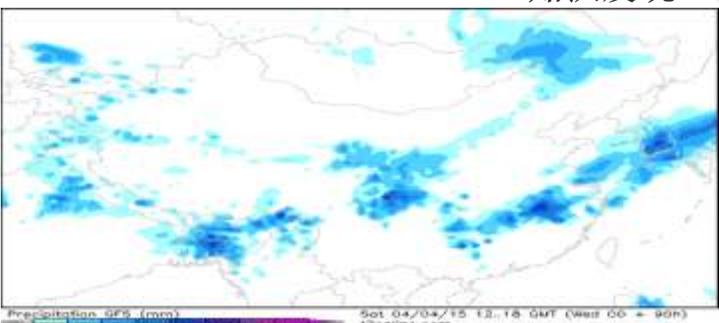


极值相关关系



通过大气环流传递热量变化

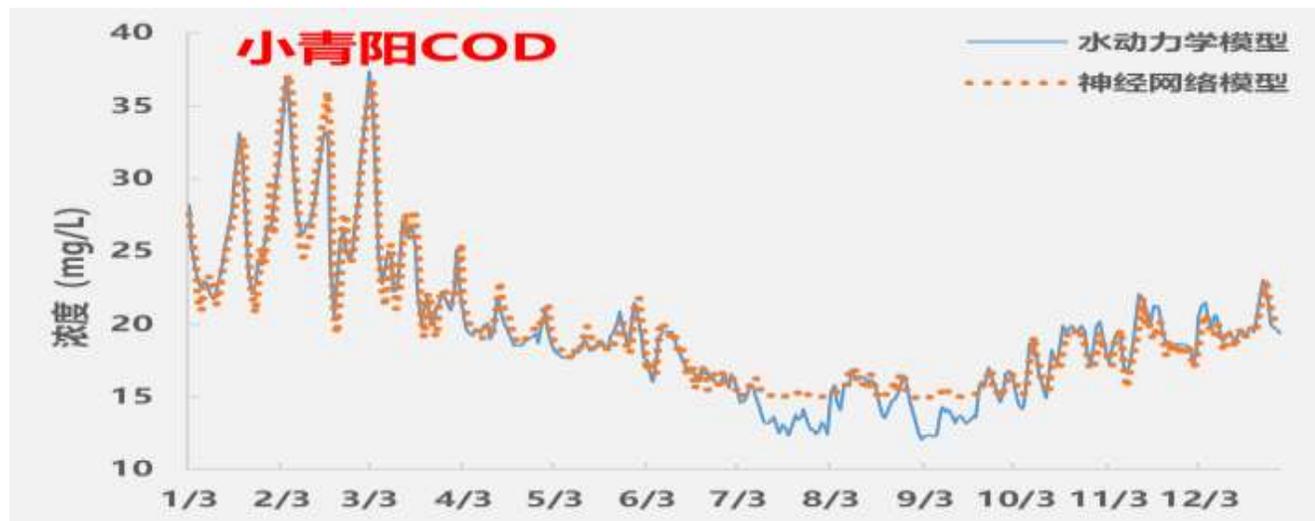
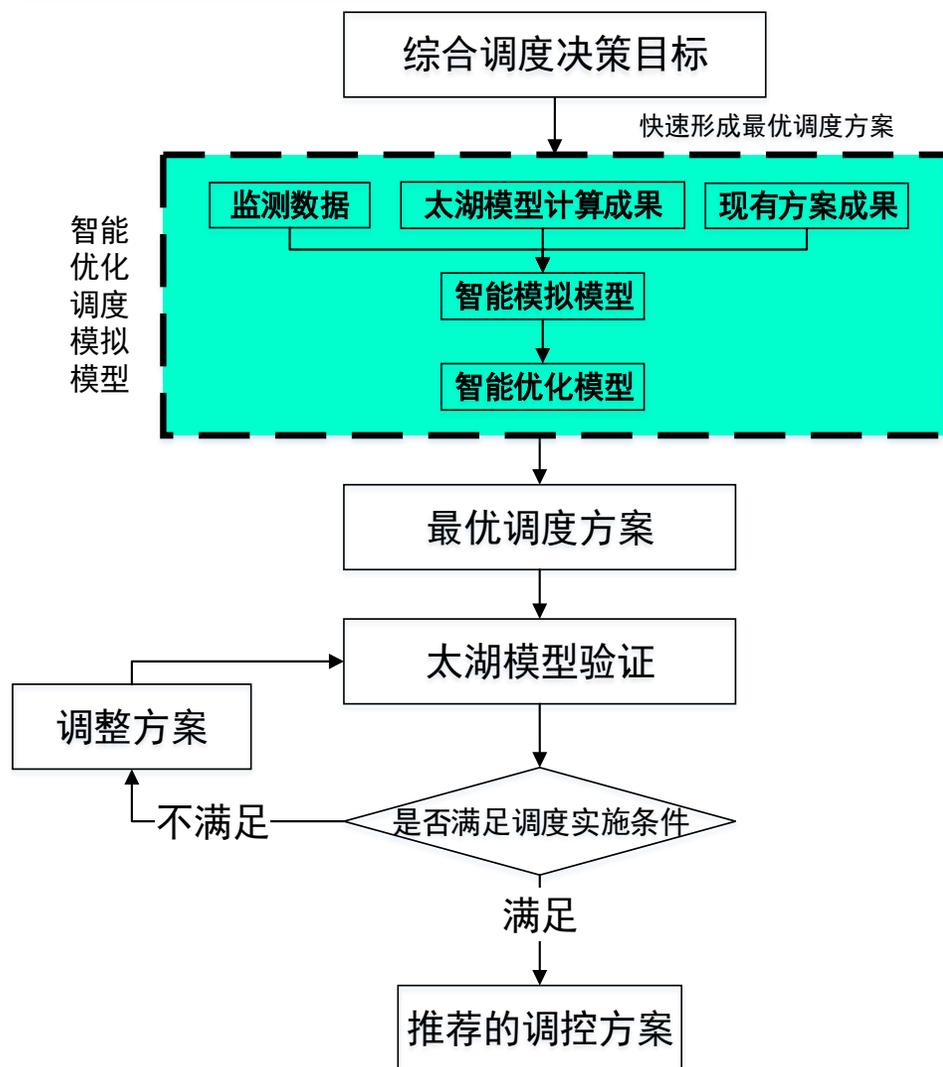
影响降水



# 4.1 流域智慧预测预警技术

## 智能预测预警模型

## 人工智能与传统模型耦合的水位、水质预测技术

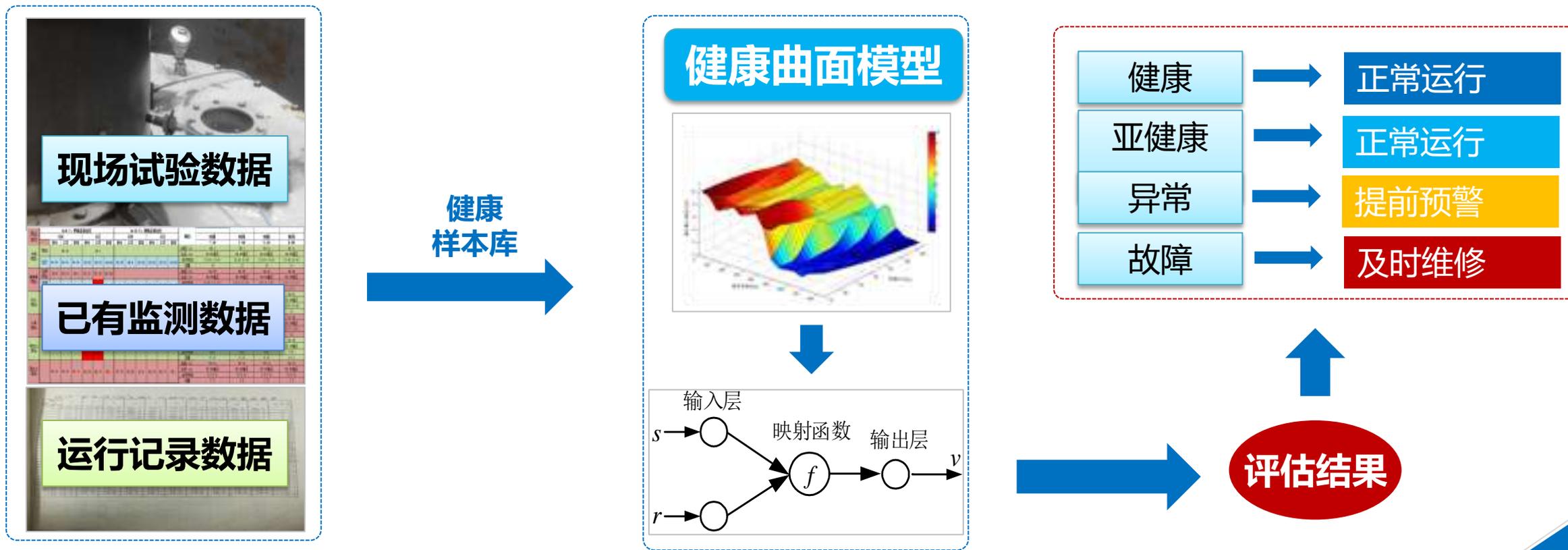


## 4.2 流域智能问题诊断技术

### 问题诊断模型

### 水电机组故障智能诊断技术

通过现场试验数据、实时监测数据等海量数据资源，提取健康状态敏感特征参数，建立机组健康样本数据库及健康曲面模型，并确立机组不同运行工况与健康状态之间的映射关系，从而可以实现对机组全寿命周期的健康状态动态评判与预警，可有效指导运维人员预先进行针对性检修。



# 4.3 流域智能调度决策技术

## 传统调度模型

## 梯级水库群多目标优化调度技术

- 通过水库群洪枯季长短嵌套调度技术研究，**全面覆盖**了流域防洪、供水、发电、生态、航运等问题

防洪

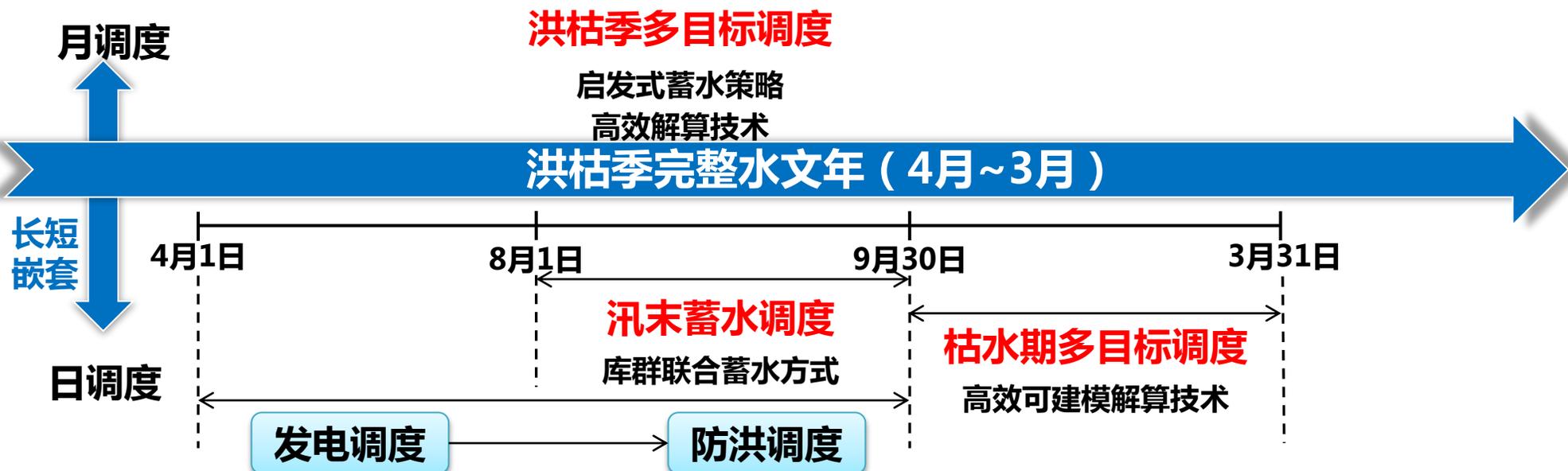
供水

发电

生态

航运

### 洪枯季水库群长短嵌套多目标综合调度模型



## 4.3 流域智能调度决策技术

### 传统调度模型

### 梯级水库群面向生态的多目标综合调度关键技术

#### 生态调度模式

(一)

针对单纯面向防洪和兴利，忽视生态需求的传统调度模式，首次提出了水库群面向生态的多目标综合调度模式

#### 最优性原理

(二)

建立了理解与求解水库优化调度问题的总方法论——水库优化调度最优性原理

#### 优化调度算法

(三)

推导了多目标交换比的导数矩阵及梯度公式，研发了水库群优化调度算法集，有效解决了水库群优化调度的“多目标”和“维数灾”问题

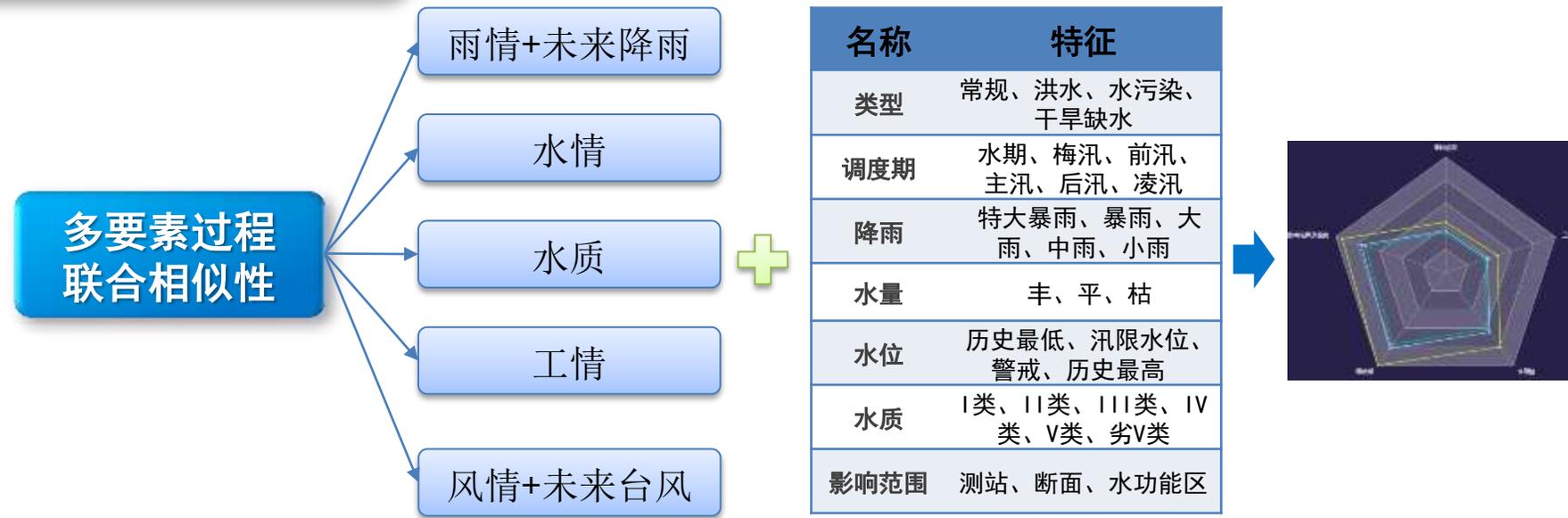
#### 面向生态的多目标调度技术

(四) 建立了梯级水库群面向生态的带有生态学、水力学、工程学调度指令链条的多目标综合调度技术

# 4.3 流域智能调度决策技术

## 智能调度决策模型

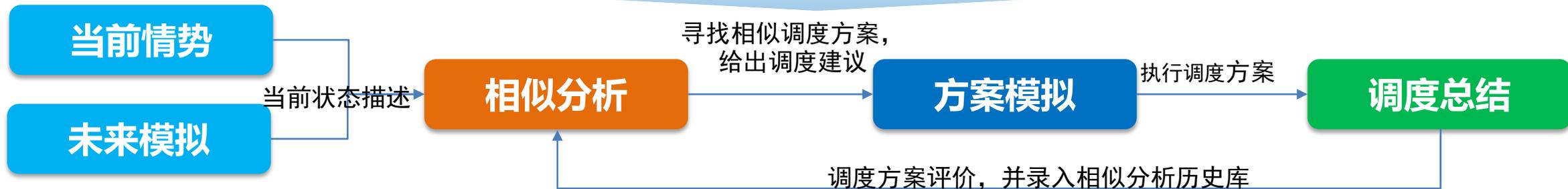
## 基于相似分析的智能调度决策技术



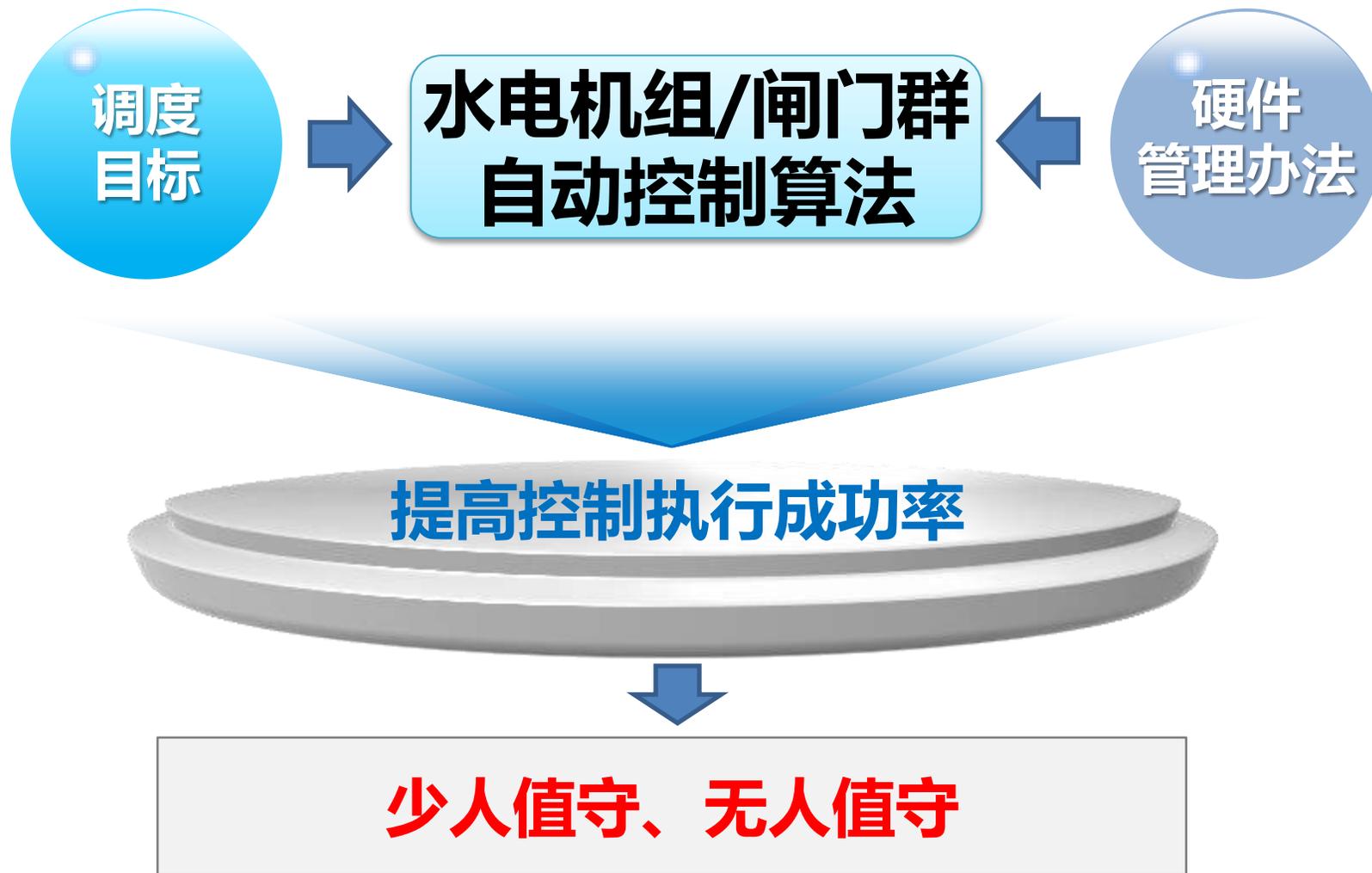
时间序列

离散特征

综合相似度



## 4.4 流域智能指挥控制技术



## 4.5 智慧流域云服务平台



## 智慧流域



我们现在进入一个“**大智物移云**”——**大数据、智能化、物联网、移动互联网、云计算**——的时代，一个计算无处不在、软件定义一切、网络包容万物、连接随手可及、宽带永无止境、智慧点亮未来的时代。



# 汇报完毕

## 敬请各位专家批评指正！

中国水利水电科学研究院

智慧流域关键技术联系人

雷晓辉

13681090913 [lxh@iwhr.com](mailto:lxh@iwhr.com)