面向水网的水工程群智能控制理论研究及实践

【获 奖 等 级】 理论成果奖三等奖

【主要完成单位】 中国水利水电科学研究院

【主 要 完 成 人】 尚毅梓、冶运涛、龚家国、王武昌、梁犁丽、朱启林、赵泽阳、段　沛、曹　引、董甲平

一、研究背景

国家非常重视水资源安全及空间均衡，近年来规划并建设了大量引调水工程及江河湖库水系连通工程，河-渠-湖-库紧密耦合的复杂水网结构正在逐步形成。然而，新建的渠库加入到天然河湖中，改变了河流水系的水动力特征，大量新增的闸、坝、泵等水利工程措施，更进一步加剧了水网水资源整体调控的难度。为解决这些问题，国家启动的重大科技计划及多个研发专项将水网水资源的调度控制列为重点研究内容，指引科研工作者重点“运用先进的自动化、智能化与智慧化技术手段……解决分散工程群的集中控制难题，实现复杂环境下的快速响应”。本项目以水网水资源统一调度控制为突破点，研究了人工渠道、天然河流以及耦合而成水网的无人值守自主运行问题，在面向水网的水工程群智能控制方向上取得理论创新与突破。

二、主要内容

1、人工构建闸控明渠的自主运行控制理论模型；

2、河流上水库电站群的多维安全调度理论技术；

3、河网水系节点工程群联合自动控制的方法模式；

4、环型河网基于水资源统一调度的智能控制实践。

三、创新点

1、利用已有成熟模型程序，通过多模型组合、多进程并行来解决工程自动调节运行下复杂水网水动力模拟难题，突破了“摒弃现有串行模型程序，重新开发并行计算平台”的主流设计理念，构建了智能控制理论研究的基础实验平台。

2、定量揭示了多闸门联合运用下明渠输水过程水动力响应机理，提出了闸群预知调度-闸门鲁棒控制模型及复合非线性反馈控制方法，丰富和发展了线性闸控渠道自主运行控制调度理论。

3、创建了河流枢纽多尺度模型的嵌套耦合调度机制，发明了梯级水库防洪-发电实时调度、下游电站弃水控制及机组避振运行方法及模型系统，创新了天然河流水利枢纽群实时调度理论及多维安全调度技术。

4、研发出“供水-发电串联、并联，倒虹吸进出口闸，调节池引分水闸”四种联动闭环控制模式、方法及系统，破解水网流量变化大、水工设备响应不及时等难题，使得水网节点工程群的总体响应速度由分钟级降至秒级。

5、提出了复杂水网“常态-应急-常态”平稳过渡的适应性运行新机制，建立了平原城市环型水网基于水资源统一调度的自动联动控制理论模型，支撑了城市水系联排联调智慧水务平台研发。

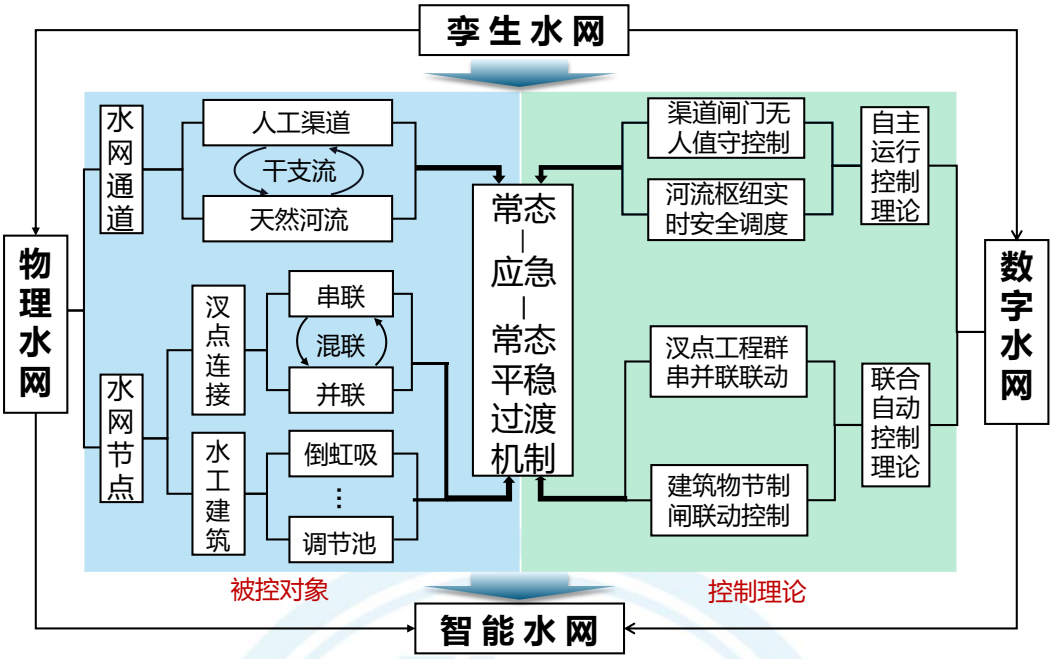

图 1 水网智能控制理论研究与被控对象关系

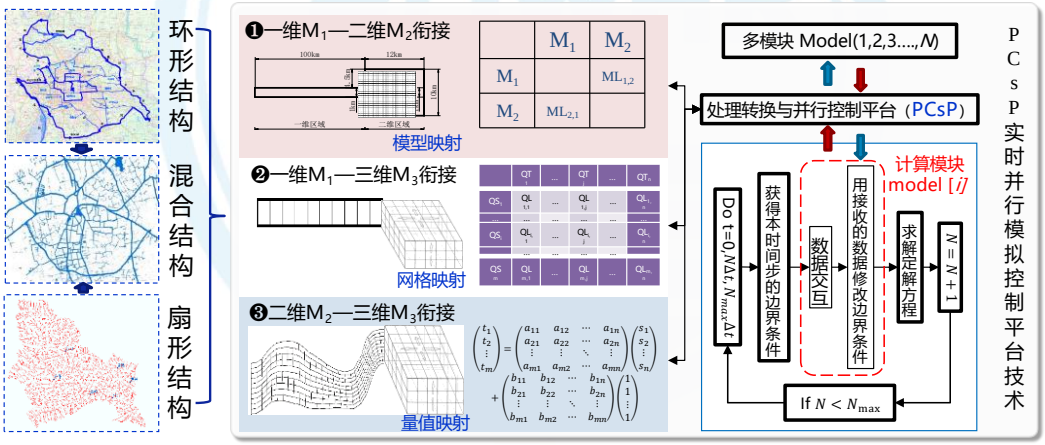

图 2 数字水网建构关键技术暨智能水网控制理论研究实验支撑平台

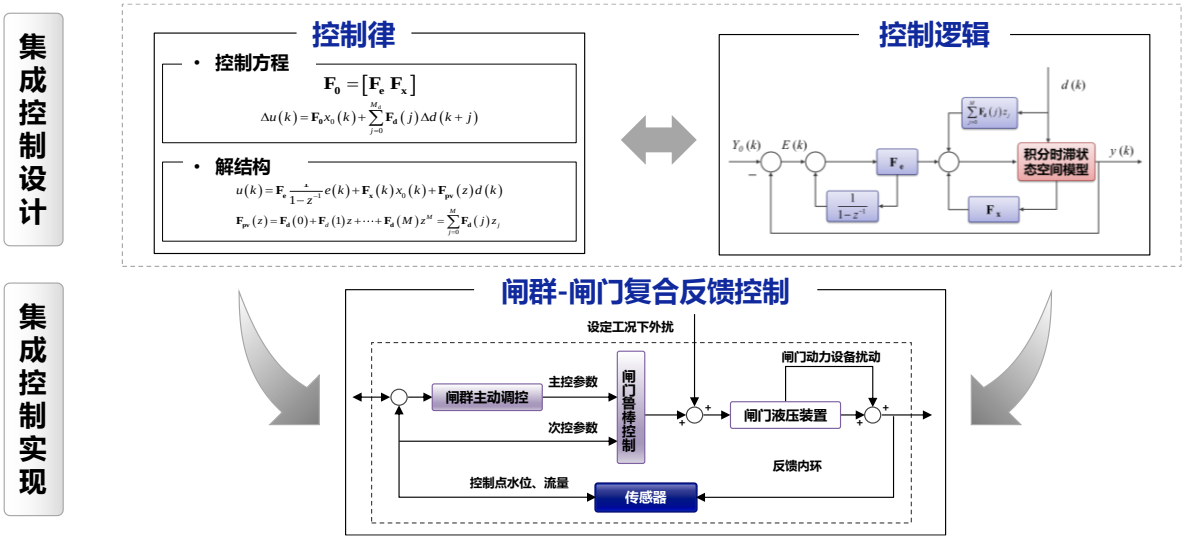

图 3 人工闸控输水通道复合反馈内环闸群集中控制模式

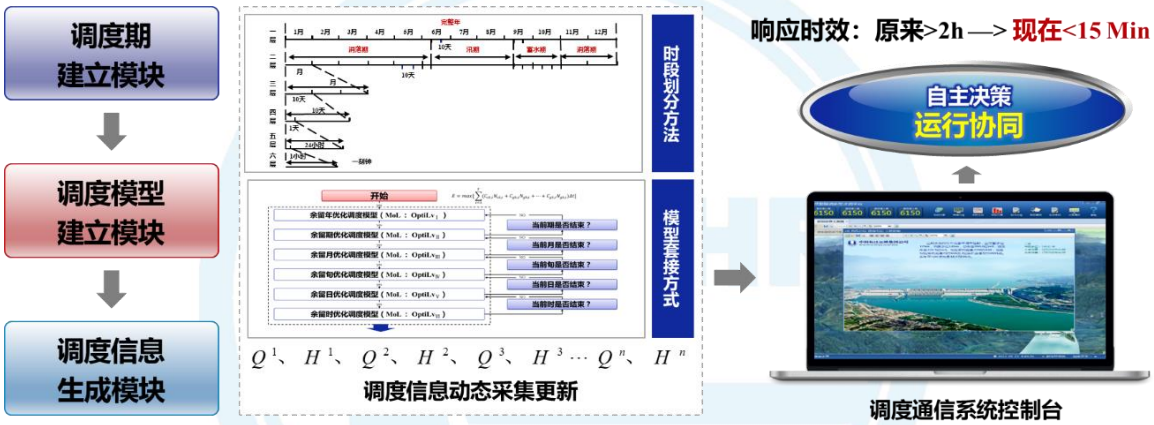

图 4 河流水库群时空多尺度模型耦合控制方法及系统

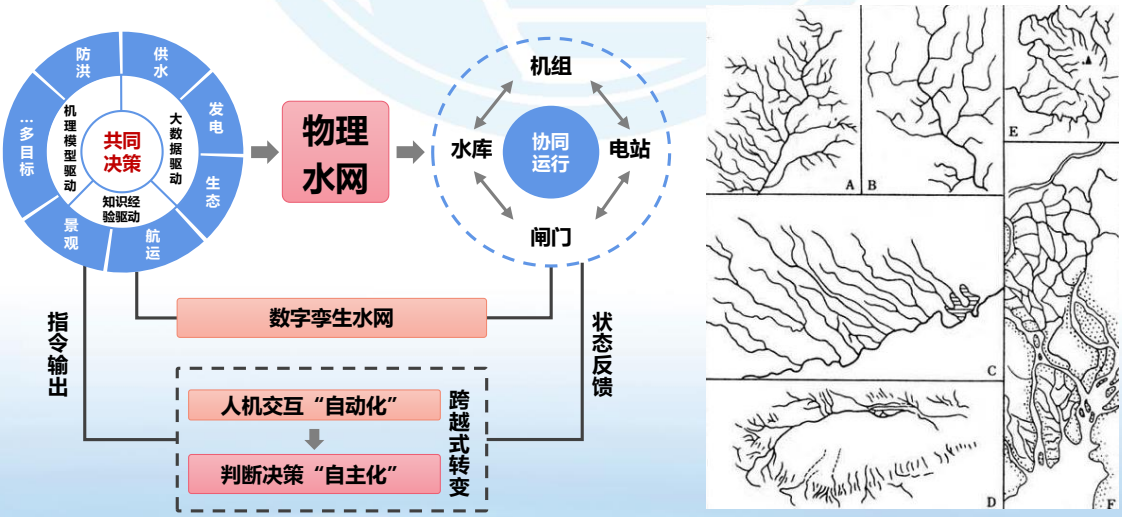

图 5 智能控制理论研究成果的应用实践