

SECTION SS-2-1, 国家水网智慧建设与应用, 2023.9.12, 北京

# 变化环境下国家现代水网工程建设新的机遇与挑战

New Opportunities and Challenges on National Modern  
Water Network Construction in Changing Environment

夏 军 ( Jun  
Xia)

武汉大学水安全研究院 ( Wuhan University)  
水资源与水电工程科学国家重点实验室

## 01 国家水网建设新的形势与需求

## 02 国家水网工程建设与新的挑战

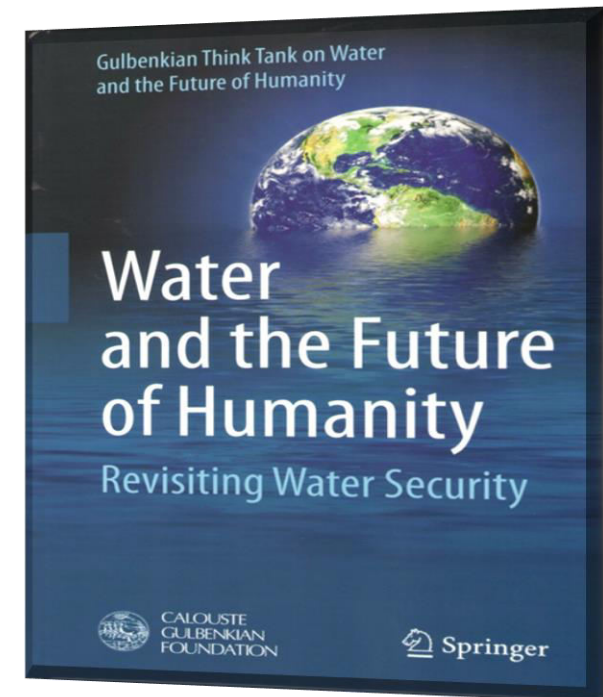
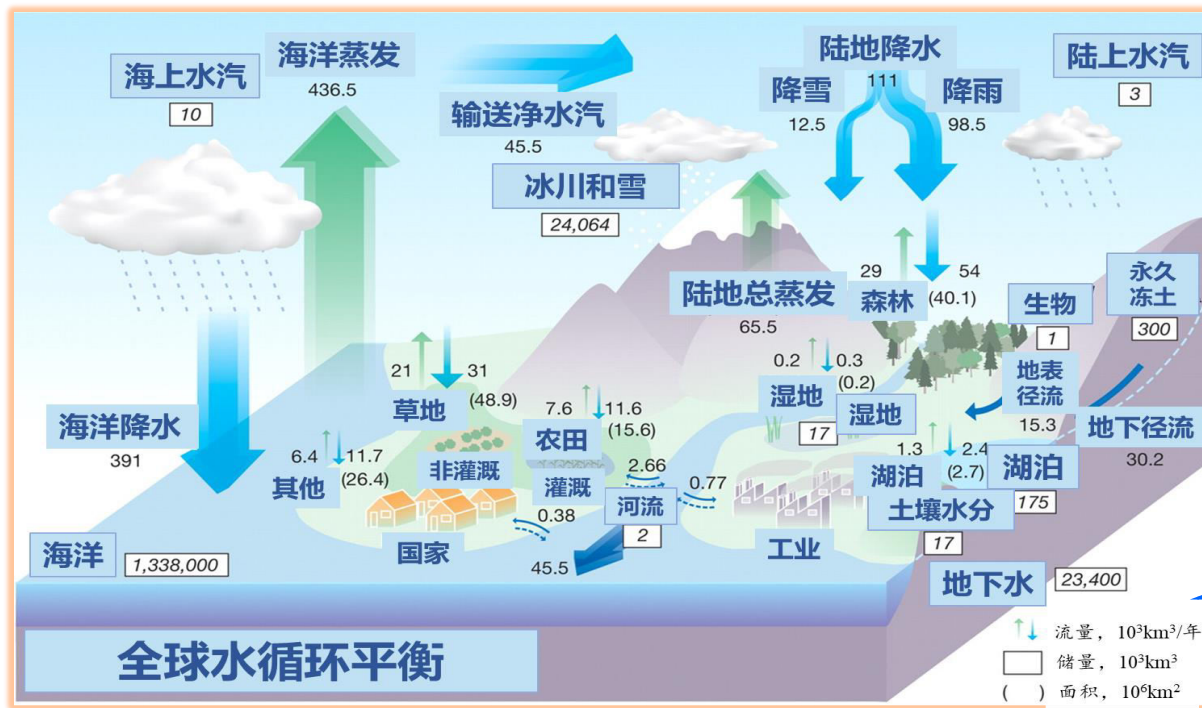
## 03 几点思考与建议

目 录

CONTENTS

# 一、国家水网建设新的形势与需求

## 一、全球变化背景下的水循环与水安全 → 变化环境下国家水网建设新的形势



Science

AAAS

**Emerging solutions to the water challenges of an urbanizing world**

Tove A. Larsen, Sabine Hoffmann, Christoph Lüthi, Bernhard Truffer and Max Maurer (May 19, 2016)

*Science* 352 (6288), 928-933. [doi: 10.1126/science.aad8641]

# 一、国家水网建设新的形势与需求

## 政府间气候变化专门委员会(IPCC)的评估报告结论

(周天军, 2022.6)



[credit: NASA]

“

Recent changes in the climate are widespread, rapid, and intensifying, and unprecedented in thousands of years.

**广泛、快速、加强，数千年来前所未有**

ipcc

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change





# 一、国家水网建设新的形势与需求

## 气候变化的主要影响和风险



气温

降水

海平面

.....

对水资源影响

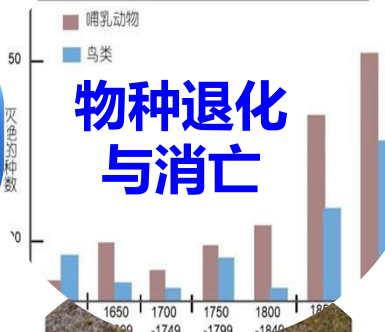
海岸带及海洋环境破坏

增大人类生存风险

物种退化与消亡

传染病的散播

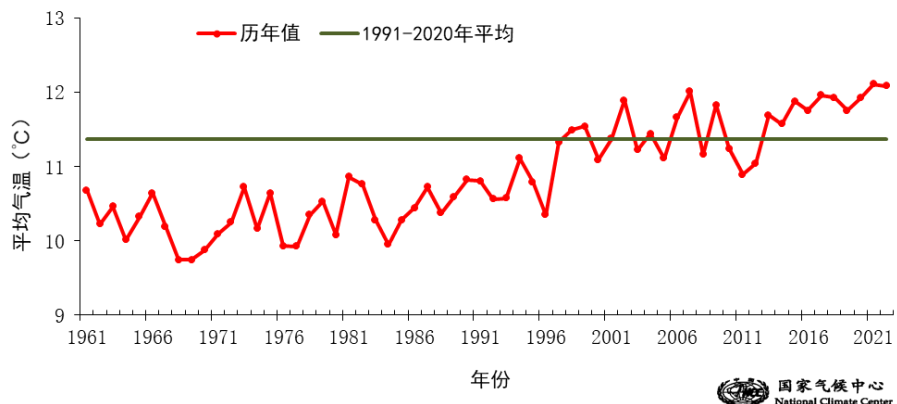
农业生产及粮食影响



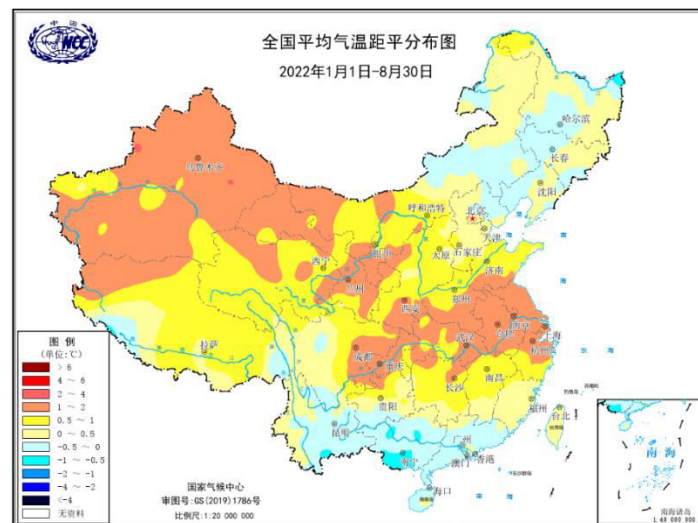
引起各地降水和干湿状况的变化,导致世界各国经济...

## 举例：2022年长江流域高温热浪及极端干旱

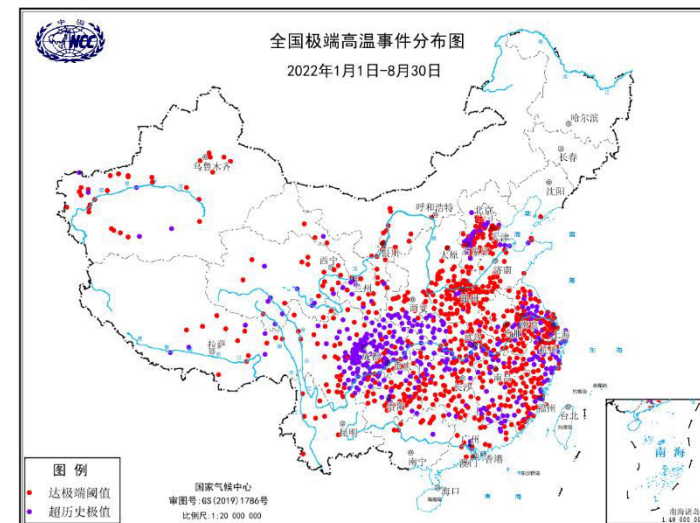
2022年6月以来，长江重庆及中下游地区出现自1961年有完整气象观测记录以来综合强度最强的高温过程，高温持续时间长、极端性强



1月1日-8月30日全国平均气温历年变化（1961-2022年）



2022年1月1日至8月30日全国平均气温距平分布

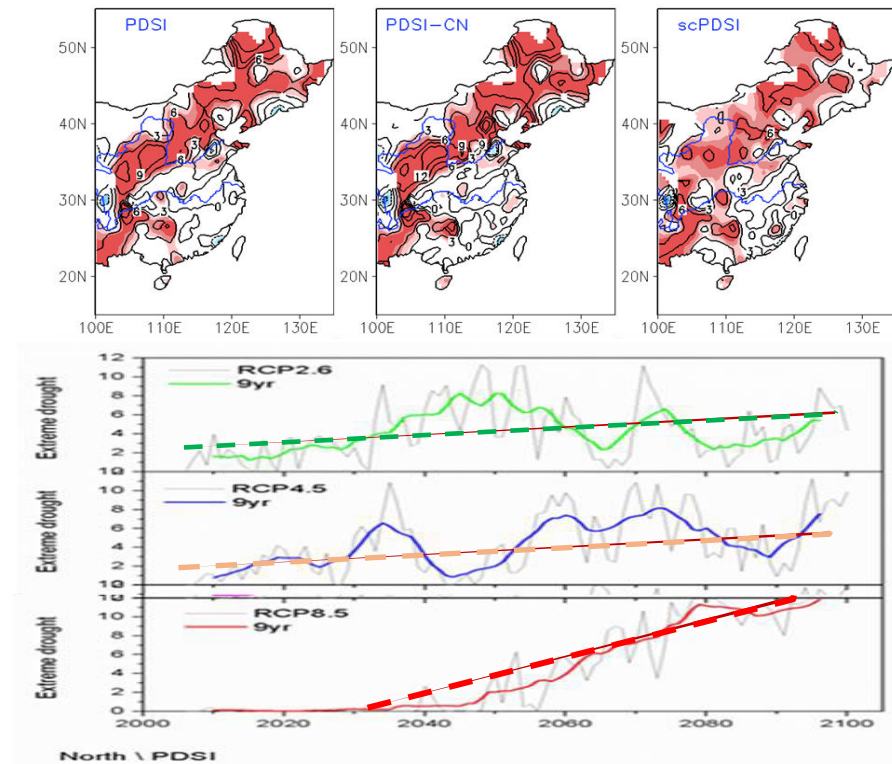
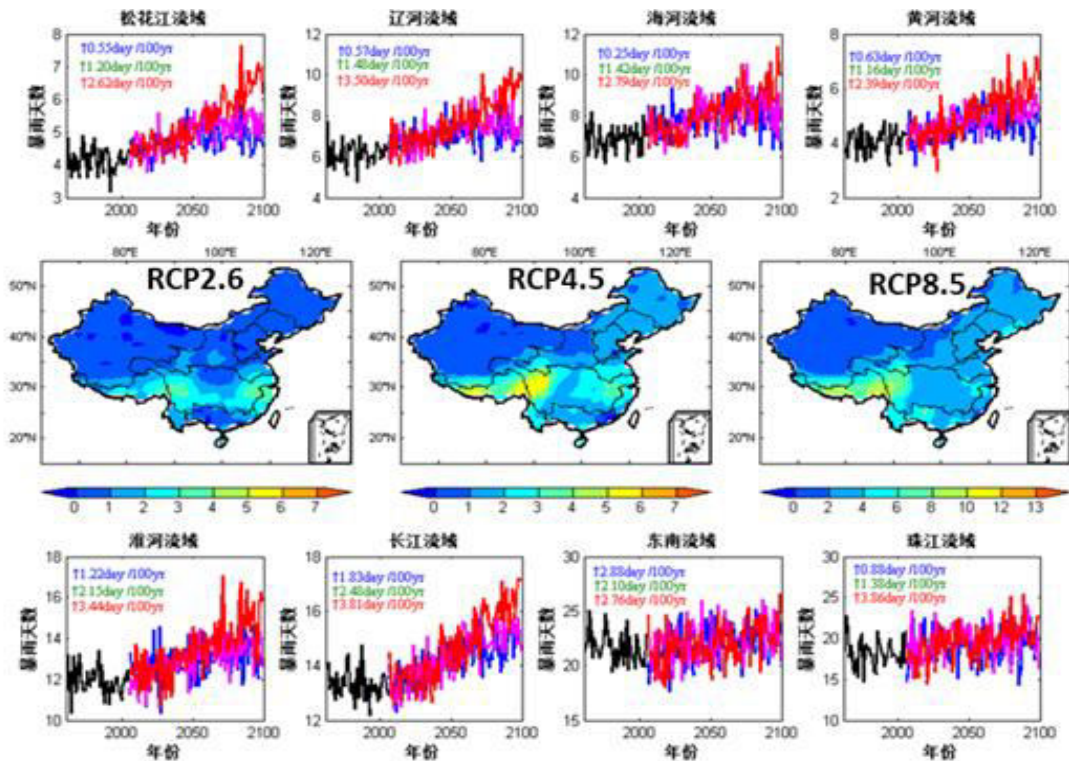


2022年1月1日至8月30日极端高温事件分布图

# 一、国家水网建设新的形势与需求

## 未来气候变化对中国水旱灾害影响与不确定性

未来20-30年(2020-2040), 东部季风区水文极端事件(水旱灾害)发生的频率与强度似乎有增强的态势, 但是不确定性也在增大, 如何应对?



未来50年东部季风区强降水天数变化态势

过去60年及未来50年东部季风区极端干旱变化态势



02

# 国家水网工程建设与新的挑战

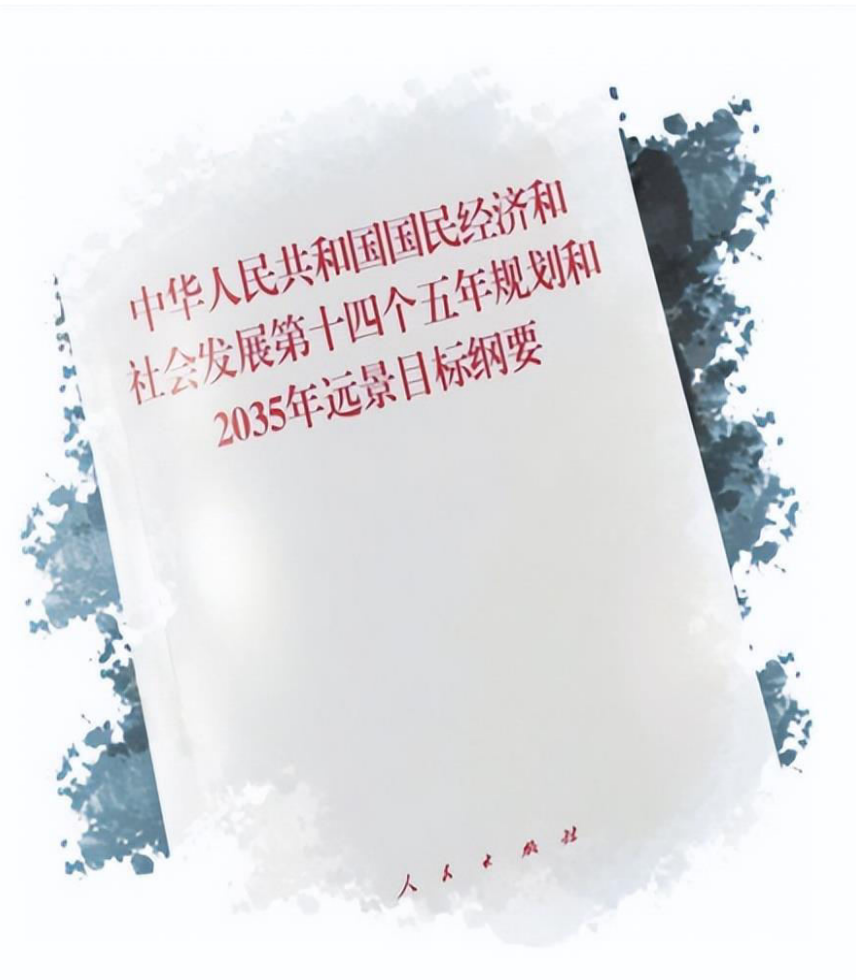




## 二、国家水网工程建设与新的挑战



**国家水网**是保障国家水安全（包括水资源调配、水生态保护和智慧管理）的**大系统工程**，是我国**现代水利工作的重点**！



- ◆ 《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》提出面向服务国家重大战略，**实施国家水网等重大工程**

## 二、国家水网工程建设形势与新的挑战



### 我理解的国家水网系统与组成:

#### 1) 流域内“自然+人工”湖库河流水网系统:

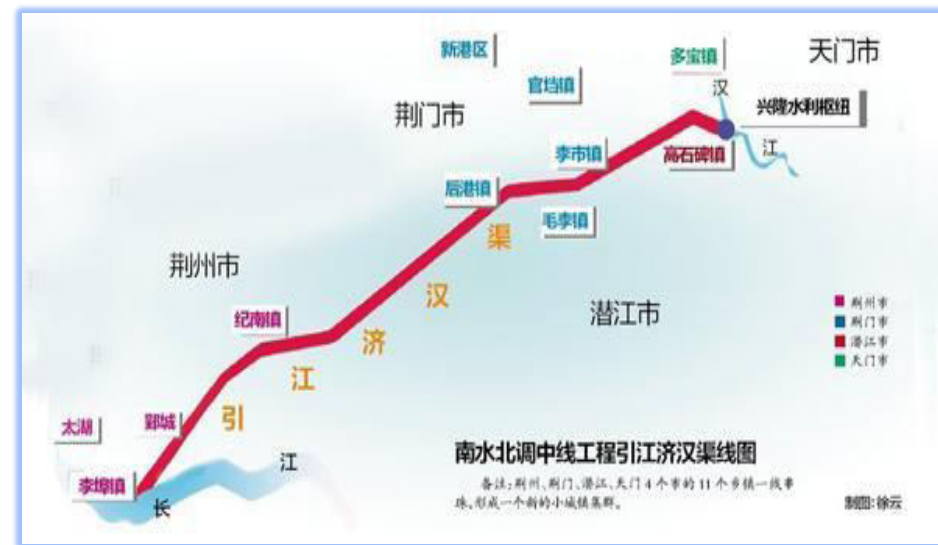
(1) 流域天然水系联系的水循环及湖库及河流网络系统

(2) 流域水系和跨集水区的自然-人工水系的河湖系统

例如: 引江济汉工程, 引江济太工程

#### 2) 跨流域/区域的“自然+人工”湖库河流水网系统:

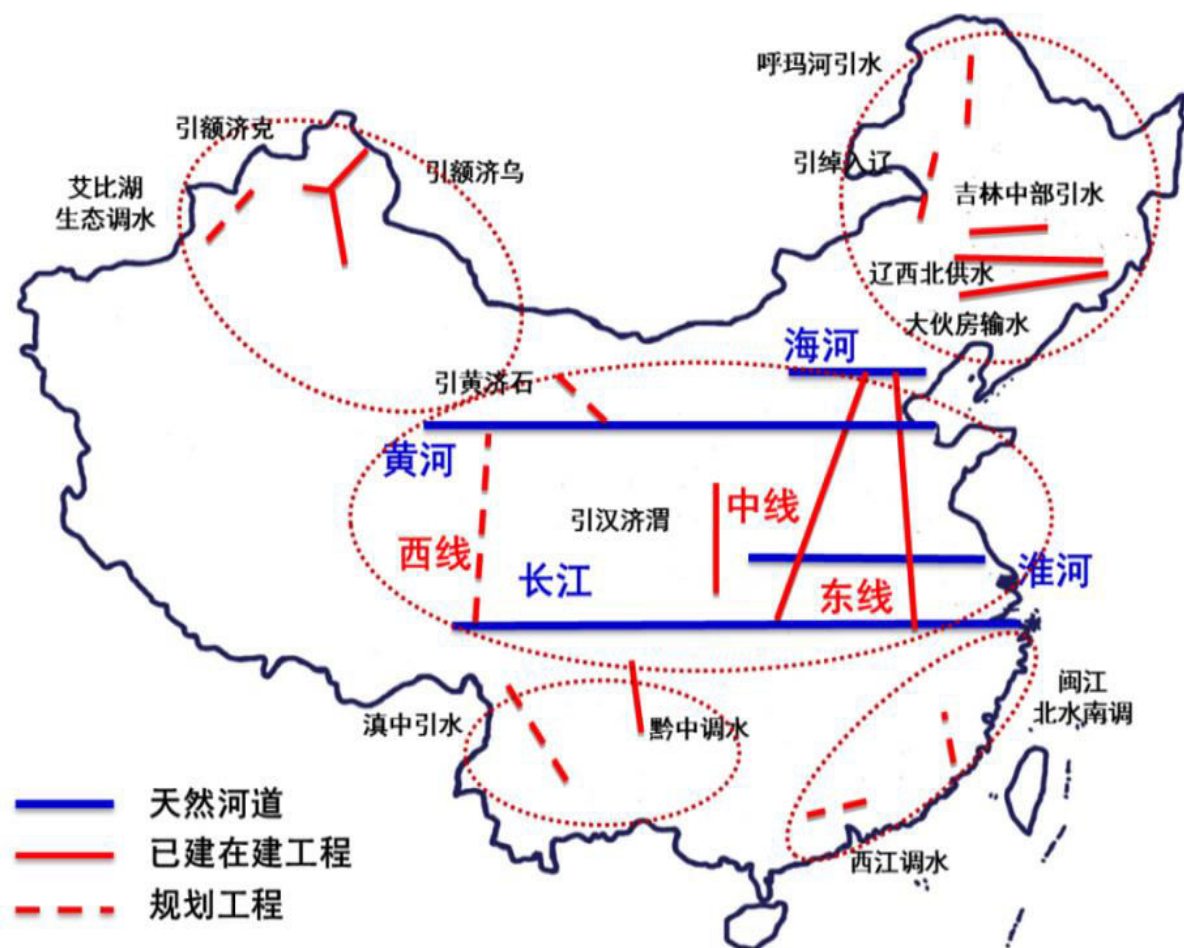
例如: 南水北调工程等



## 二、国家水网工程建设与新的挑战



# 1. 国家水网工程通过“网、目、结”科学布局和建设，实现集约高效、绿色智能，循环通畅、调控有序等功能



**“网”**：主要指大江大河大湖自然水系、跨流域重大引调水工程和骨干输排水通道，是国家水网的主骨架和大动脉

**“目”**，主要是指区域性河湖水系连通工程和供水渠道

**“结”**，主要是指具有控制性地位、具有控制性功能的水资源调蓄工程

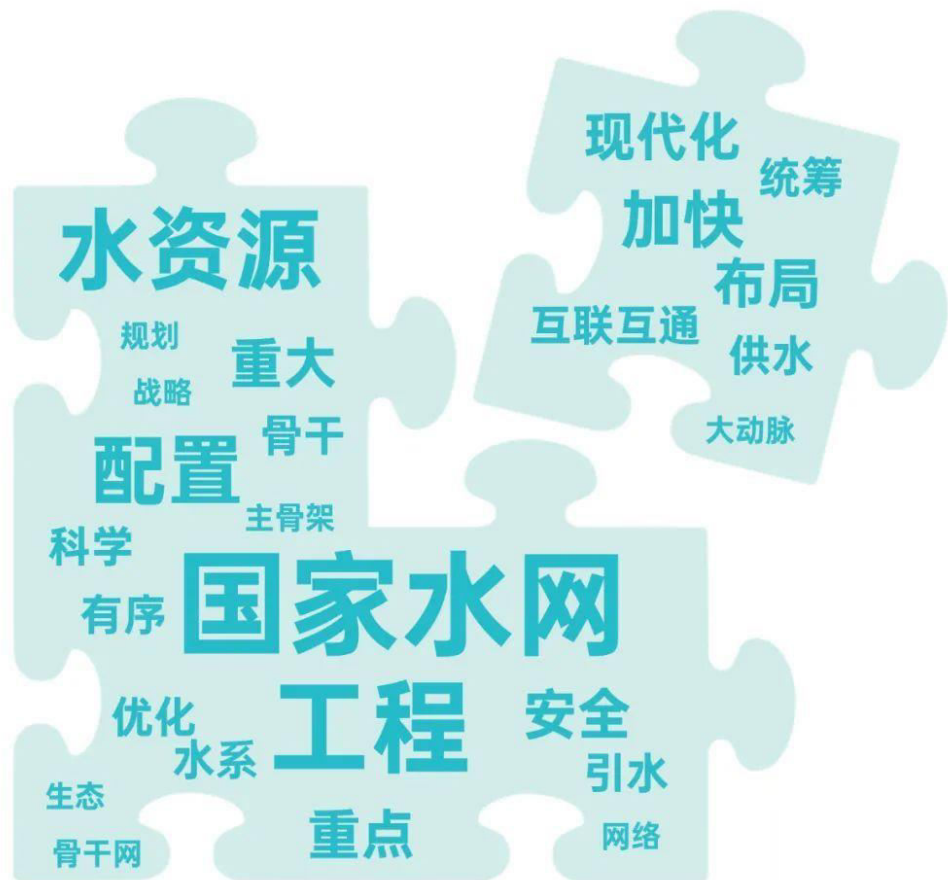
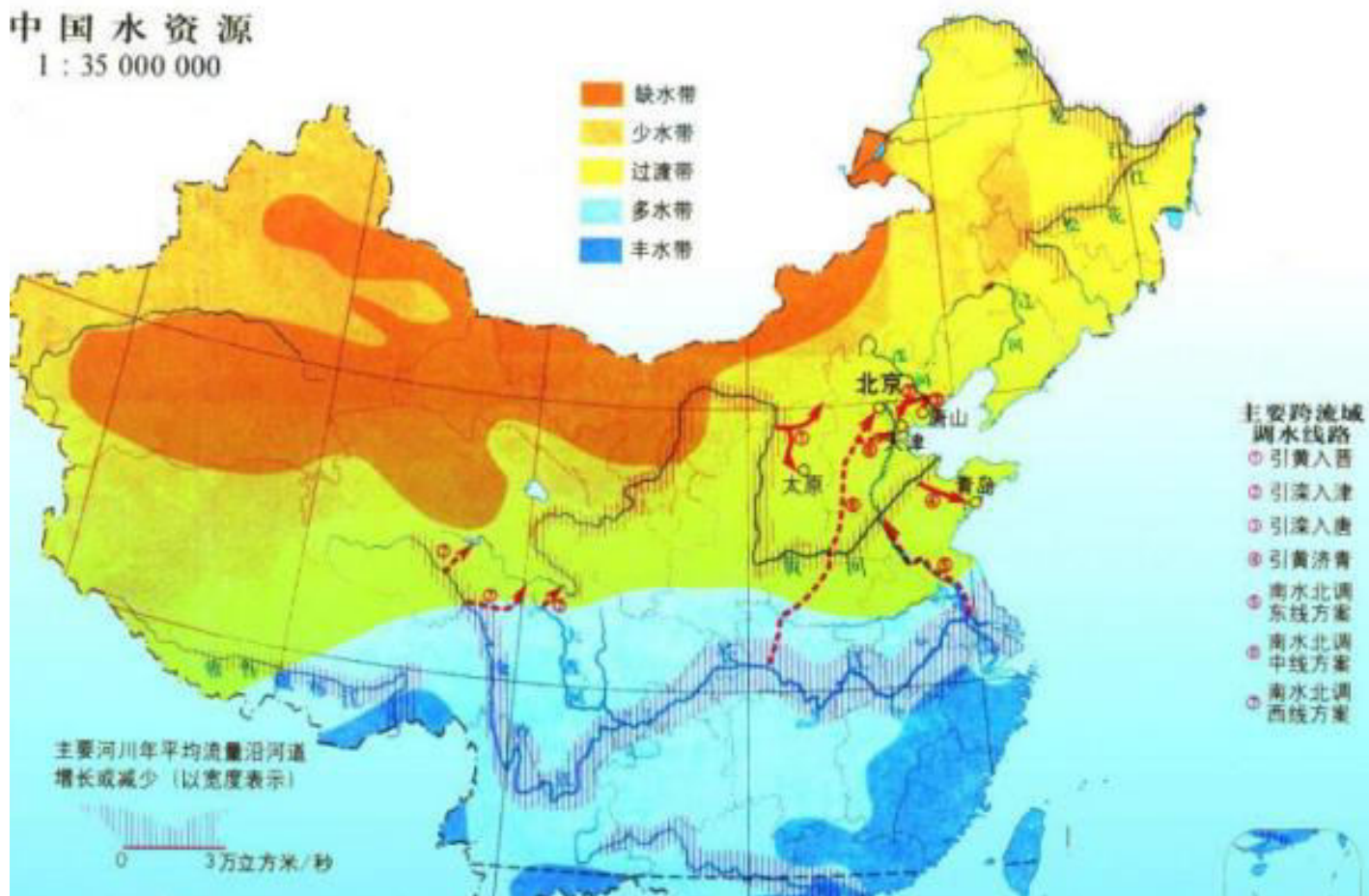


## 二、国家水网工程建设与新的挑战



# 2. 国家水网通过统筹和连接原有孤立、分散的河湖水系，形成集水资源调配、防洪减灾、水生态保护等为一体的立体水网体系

中国水资源  
1 : 35 000 000



同时，为了加快构建国家水网，积极推动**省级水网建设**

水利部印发了《关于做好第一批省级水网先导区建设工作的通知》，**确定广东、浙江、山东、江西、湖北、辽宁、广西7个省（自治区）作为第一批省级水网先导区**

主要从加快实施省级水网骨干工程建设、开展**数字孪生水网建设**先行先试、创新水网工程建设运行**管理体制机制**、加强省级层面**组织领导和协调推动**等方面进行建设

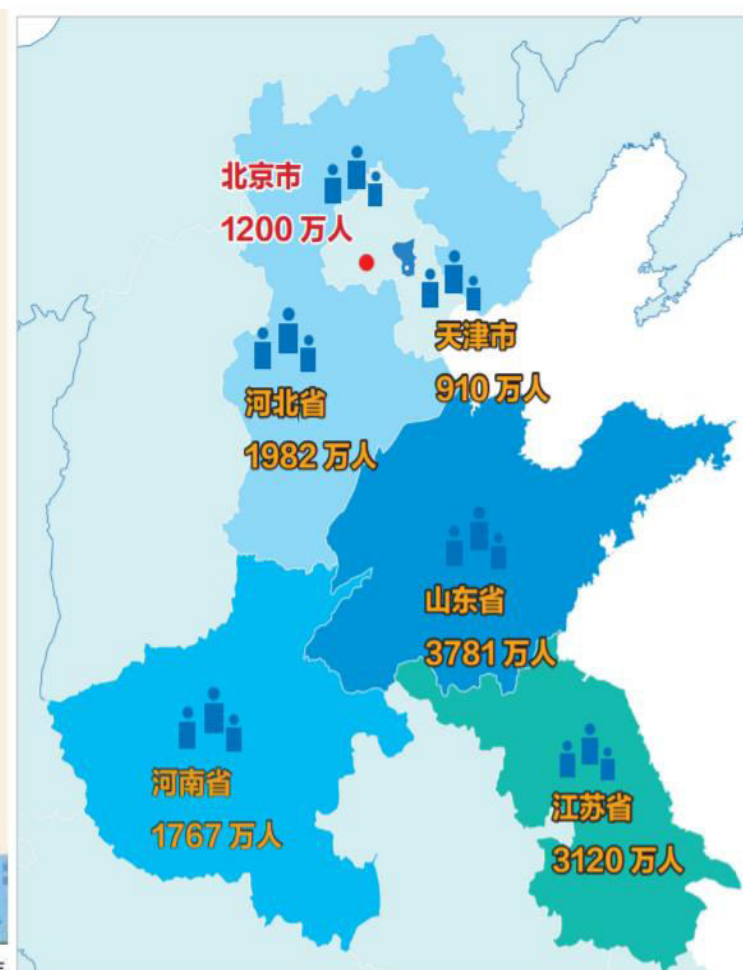
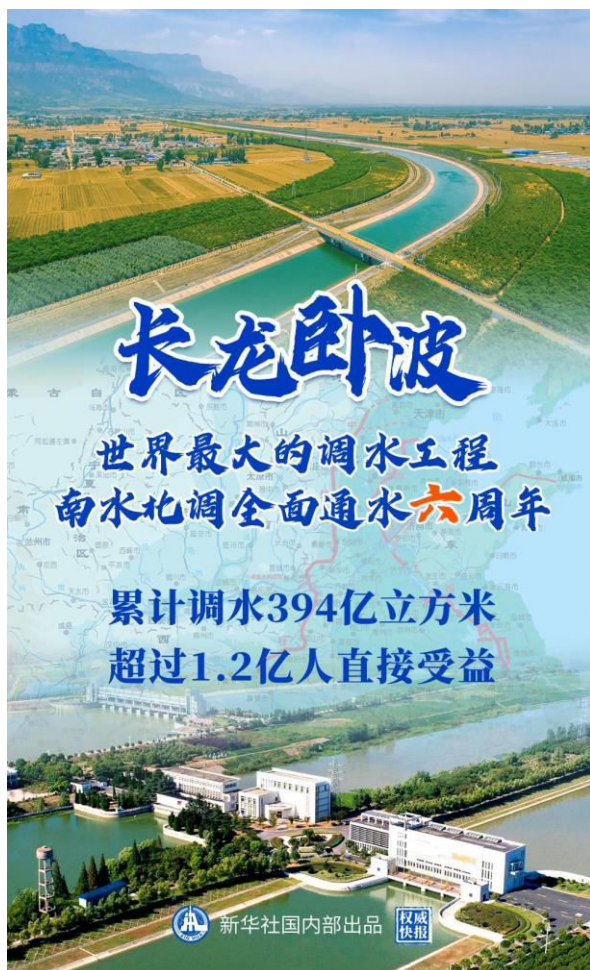




## 二、国家水网工程建设与新的挑战



已建成运行的南水北调工程经受了实践的考验，充分说明国家水网建设的重要性及其巨大效益！



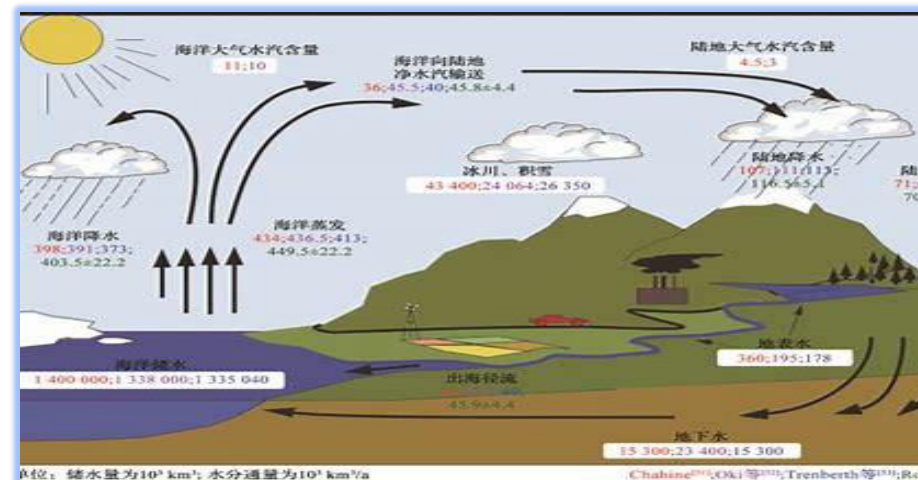
从南水北调实施效果来看，无论是华北地区地下水压采，还是京津冀地区、南水北调东中线沿线省市的水安全保障能力都得到大幅度提升，充分说明国家水网建设的重要性及其巨大效益



### 3. 变化环境下的国家水网建设面临新的挑战：

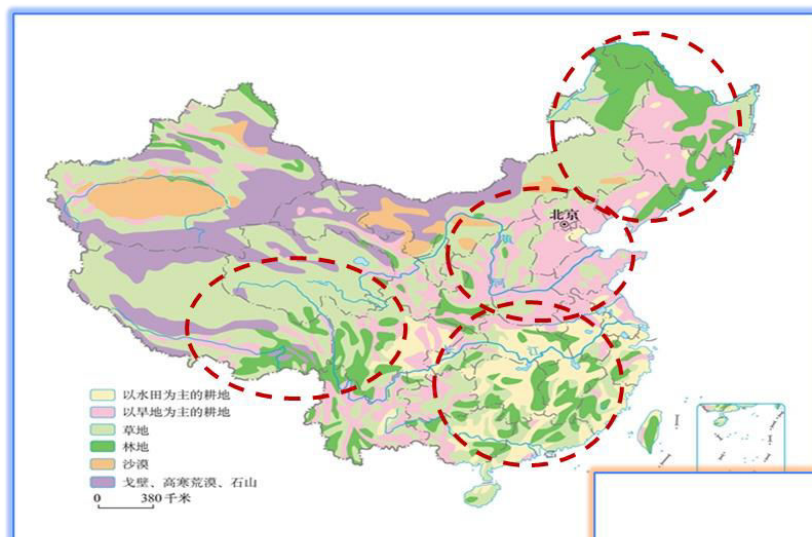
1) 全球气候变化导致水循环变异：  
原有水循环水资源时空格局发生变化

2) 高强度经济社会发展，导致水资源需求和生态文明建设目标新的要求  
基于自然水循环的水资源供需关系发生不同程度变化，国家水安全保障有新的要求， ...

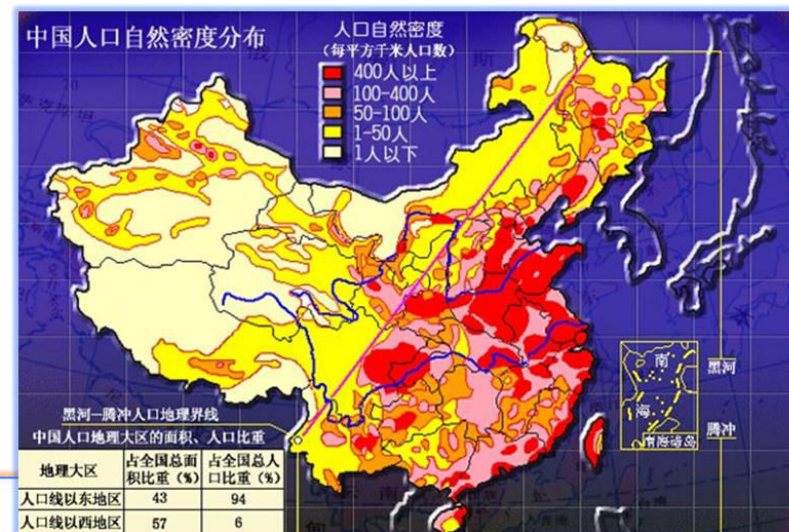


# 一、国家水网建设新的形势与需求

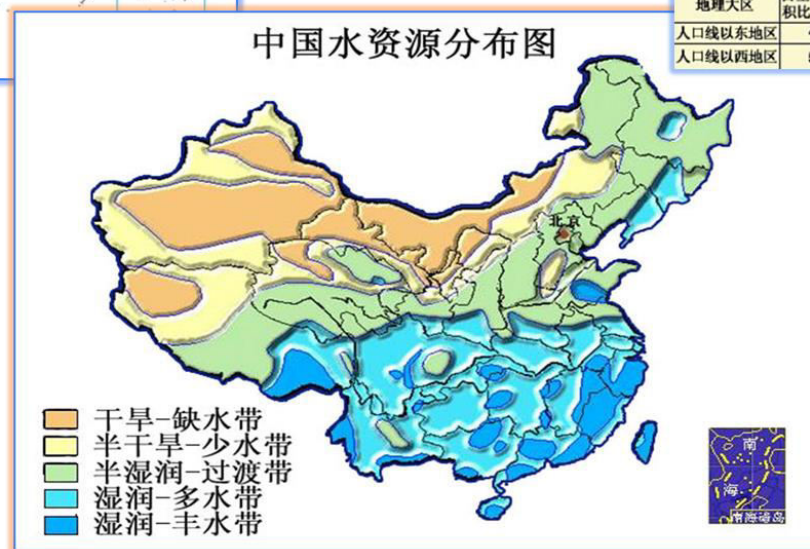
## 中国“水-土-人口”的空间不匹配问题



### 中国水土资源 及人口分布



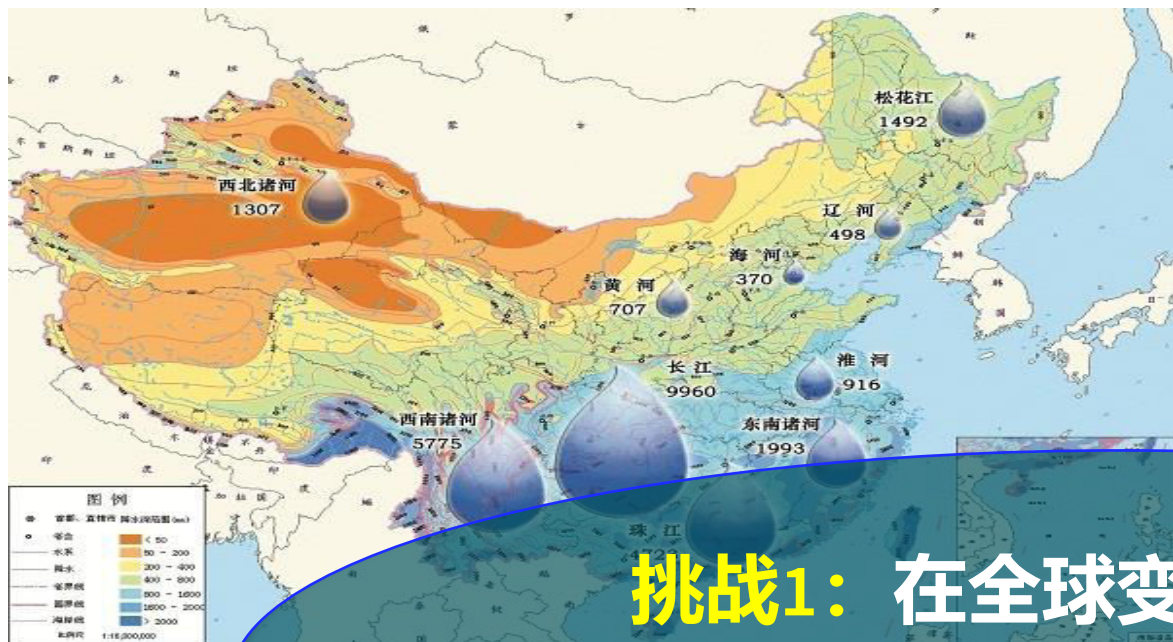
水-土空间不匹  
配的水平衡问题



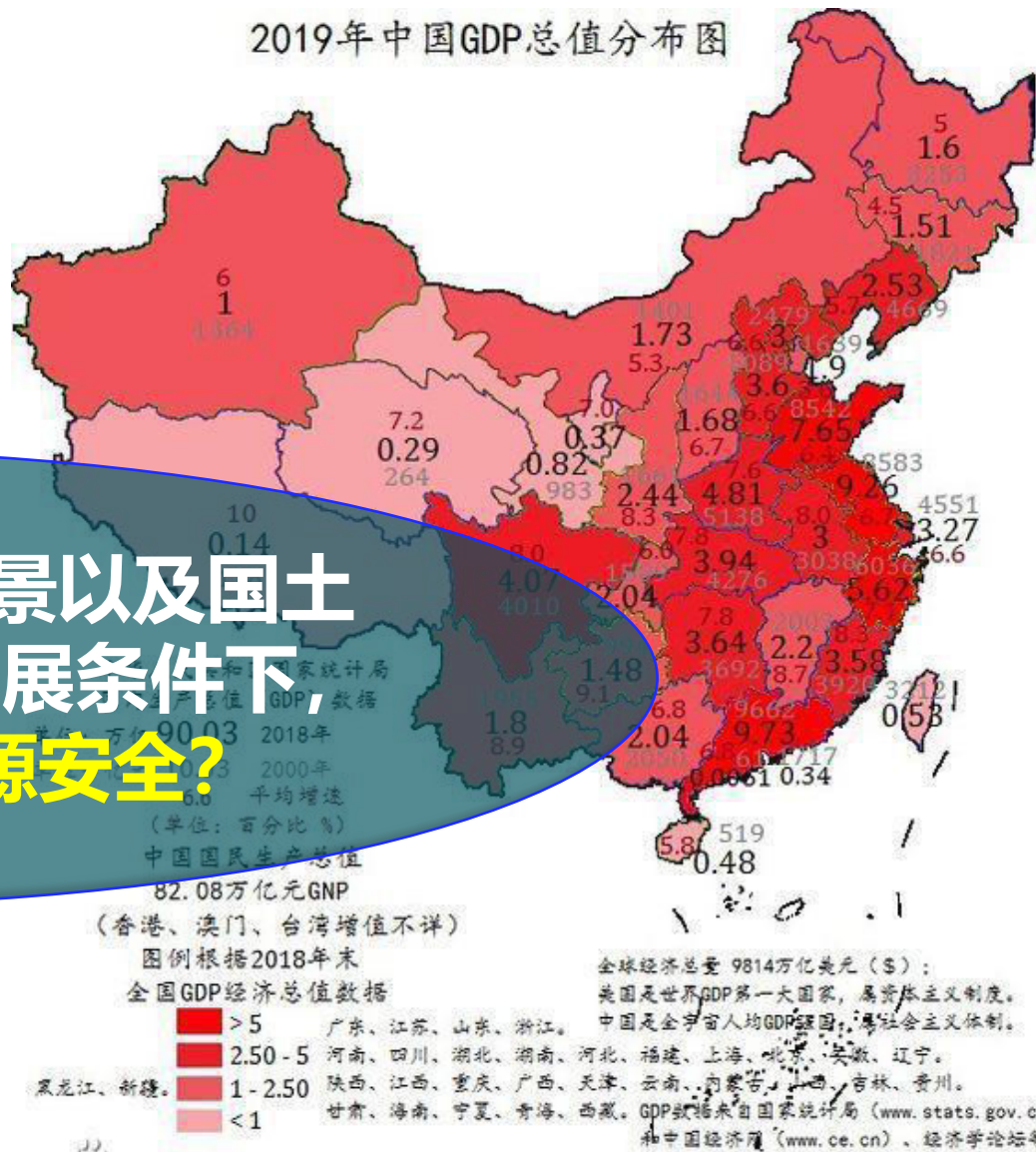
人-水空间不匹  
配的水平衡问题



# 一、国家水网建设新的形势与需求



中国耕地资源分布图



**挑战1: 在全球变化背景以及国土空间格局和经济社会发展条件下, 如何保障国家水资源安全?**

**中国的水资源、耕地资源与及GDP分布**



## 二、国家水网工程建设与新的挑战

### 1) 气候变化的影响：依据陆-海-气模式和陆气双向耦合模式与归因分析得到认识 (夏军, 罗勇等, 2016 -) :

#### 1. 我国陆地水文循环主要变化是**温室气体排放(CO<sub>2</sub>)影响**叠加在**东部季风区显著自然变率**背景下**共同作用形成**

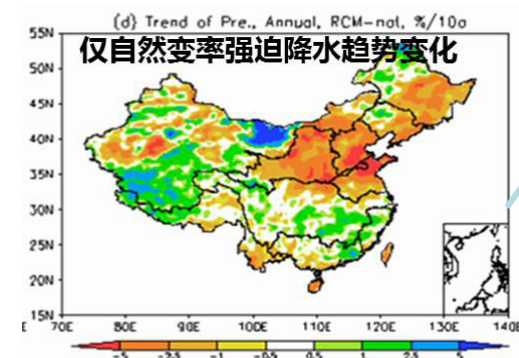
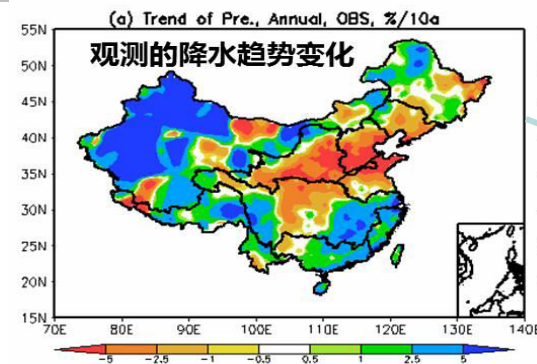
-自然变率占主要成分, 导致径流变化的降水自然变率的贡献率达70-90%

-温室气体排放贡献也占30%-10%

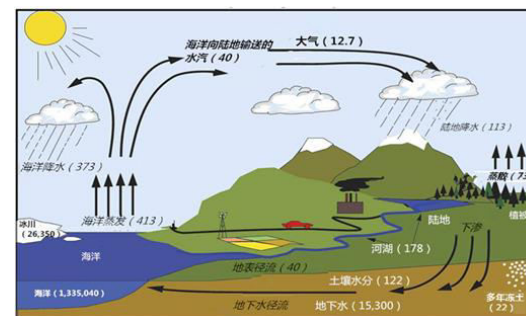
全国平均  
**2/3**

**1/3**

#### 2. 目前和未来CO<sub>2</sub>排放仍然会增加, **气候变化中人为强迫贡献率的风险**会进一步加大, 它是气候变化背景下水资源管理**重要风险之一**, 迫切需要应对与适应!



二者之差



## 二、国家水网工程建设与新的挑战

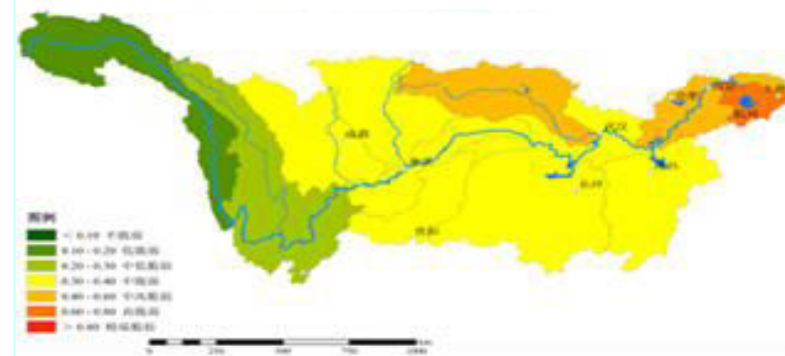


**未来气候变化，导致对全国水资源配置的不确定性**  
**→ 对国家水网工程供水安全必然带来巨大压力！**

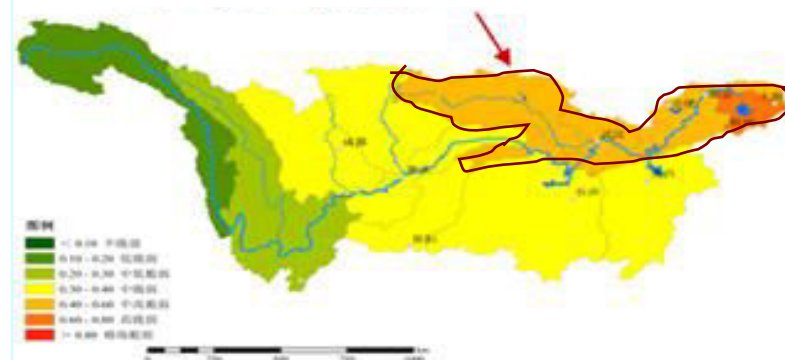
考虑与不考虑气候变化下八大流域水资源需求关系（以2030年 RCP4.5为例）

	基准年需水 (亿m <sup>3</sup> )	有气候变 化的需水 量(亿m <sup>3</sup> )	无气候变 化的需水 量(亿m <sup>3</sup> )	有无气候 变化对比(亿 m <sup>3</sup> )	有无气候 变化对比%
松花江区	431	577	604	-27	-4.5
辽河区	230	219	249	-30	-12.0
海河区	462	472	515	-43	-8.3
黄河区	486	520	547	-27	-4.9
淮河区	705	792	762	30	3.9
长江区	2108	2664	2351	313	13.3
东南诸河区	366	485	431	54	12.6
珠江区	871	929	941	-12	-1.3
合计	5659	6658	6400	258	4.0

不考虑气候变化影响的长江流域脆弱性



考虑气候变化影响的长江流域脆弱性

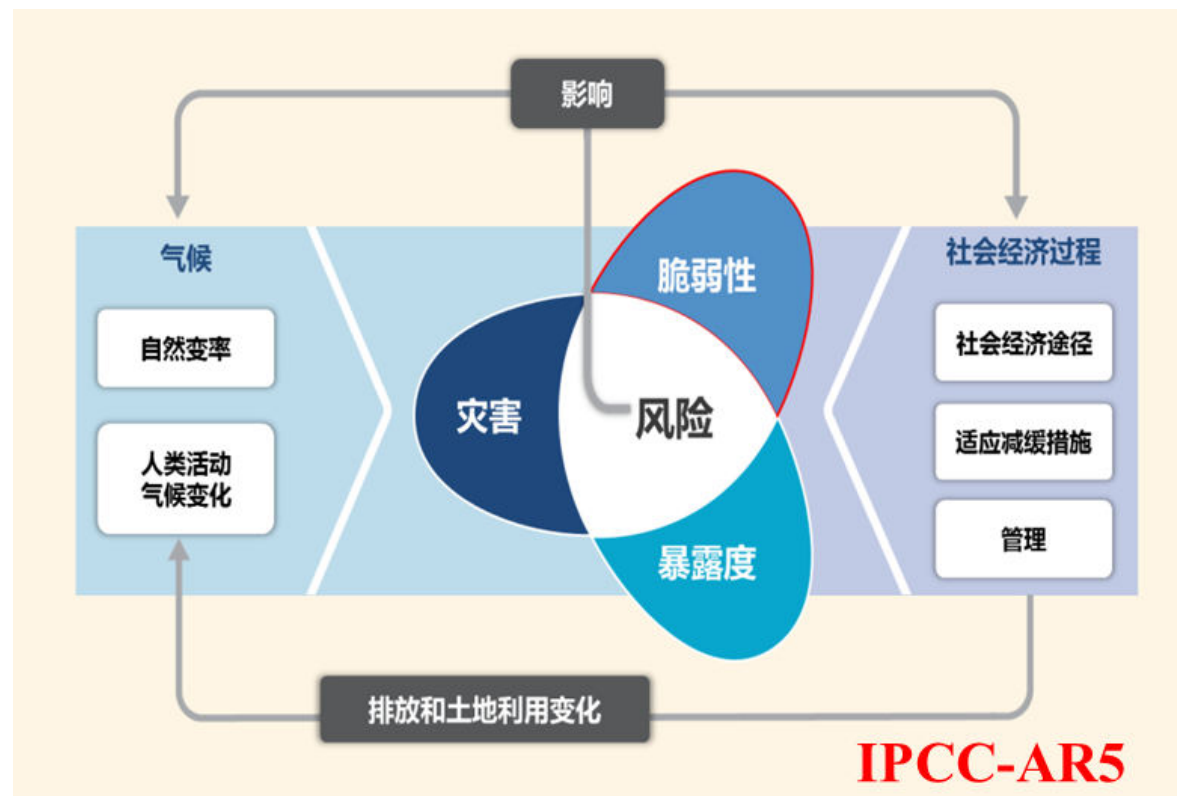
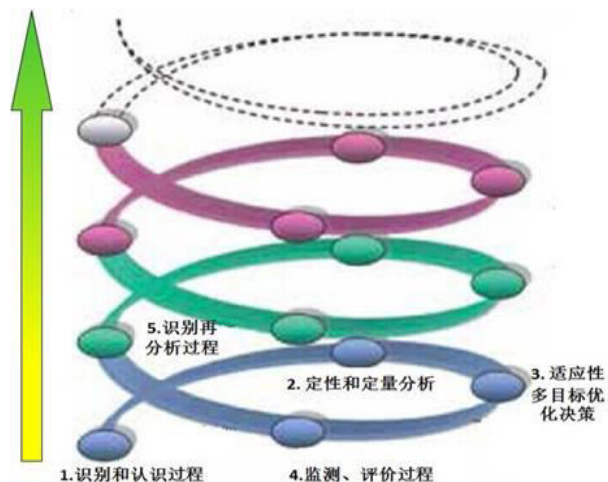


## 二、国家水网工程建设与新的挑战

**香山会议重要议题： 如何应对全球变化影响下水资源适应性管理？**

**何为适应性水管理？**

面向变化环境下，所采取**不断应对与调整的系统对策过程**，包括：**工程与非工程措施及政策等， ...**





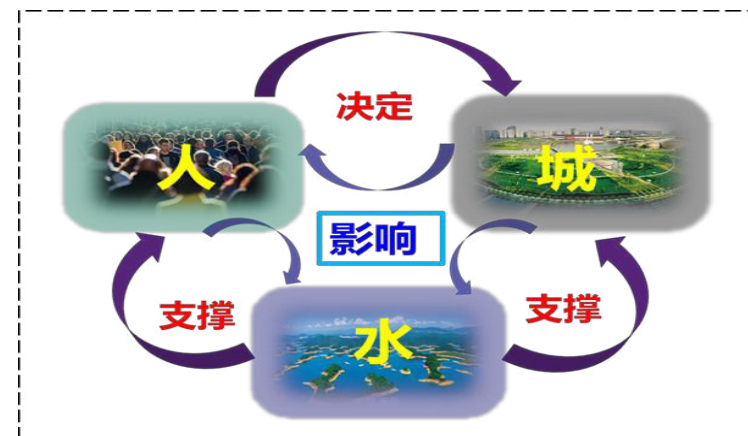
## 二、国家水网工程建设与新的挑战



### (1) 面对国家水网工程高质量发展和环境生态保护的双重需求，需客观分析和评估水网连通区水资源承载能力与阈值

#### ➤ 国家水网工程水系统的本质

1. **水(循环)**联系并**支撑**人与受水区的规模
2. **人与受水区规模**反过来**制约**水(循环)健康与否?
3. **人、水、地**形成了区域水环境与水生态

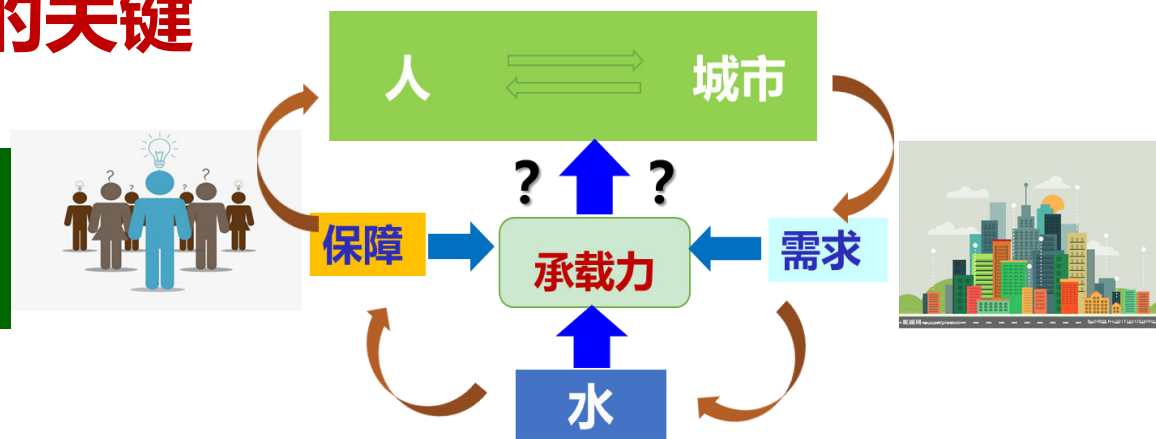


城市环境与生态

#### ➤ 连通区**综合承载力**是水网工程持续的关键

水资源承载力  
水环境承载力  
水生态承载力

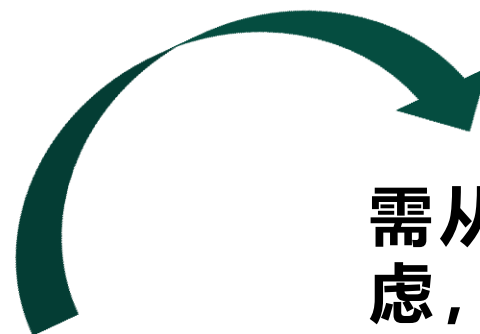
连通区水系统  
综合承载力



## 二、国家水网工程建设与新的挑战



**(2) 在国家生态文明建设要求下，国家水网工程的水资源调配与生态环境保护的统筹协同发展将是亟待重点解决的关键问题！**



需从**多个层次系统**考虑，规划国家水网连通区水资源配置工程与生态环境保护的**统筹协同**



## 二、国家水网工程建设与新的挑战



**举例：基于新发展阶段，贯彻新发展理念；推进水利高质量发展的新思维，包括？如西线调水在生态影响与保护争议与解决途径？**



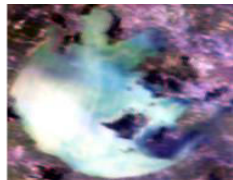


## 二、国家水网工程建设与新的挑战



### 3) 智慧水网建设以及监测与管理问题：国家水网不仅是河湖水系连通工程的整合，更是调控手段和管理方式重大升级。为应对变化环境下水资源保障，如何构建国家水网工程智能化与智慧管理系统？

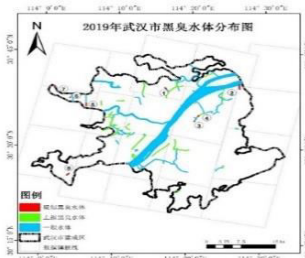
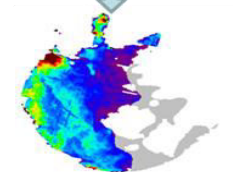
水体遥感图像



水体光谱分类

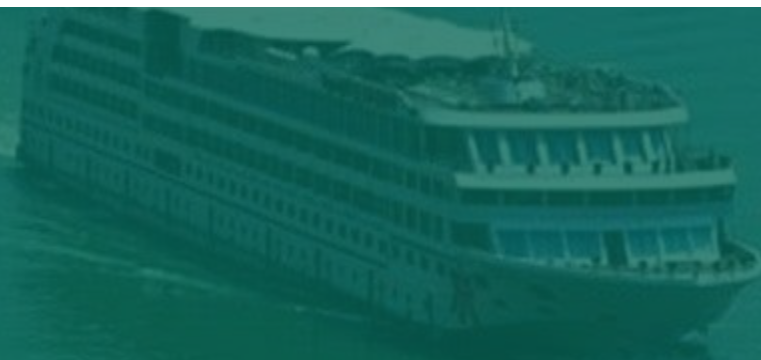


叶绿素a浓度



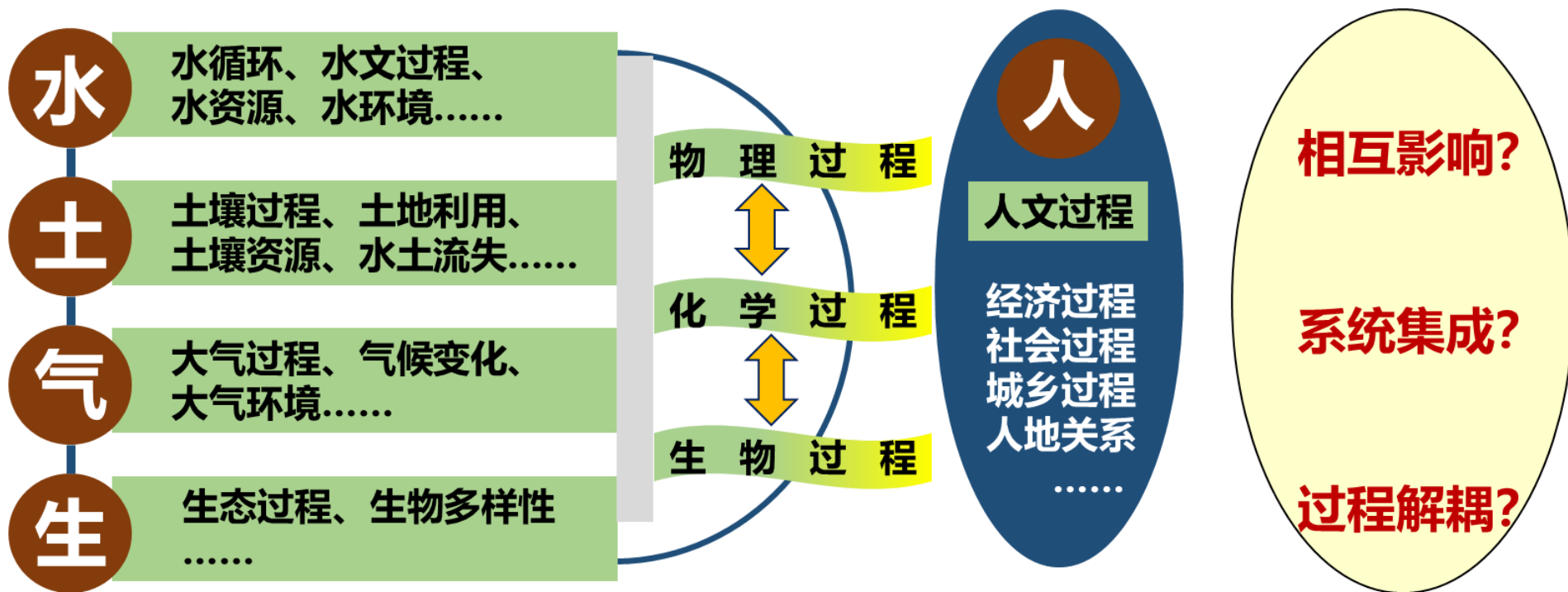
3

# 几点思考与建议





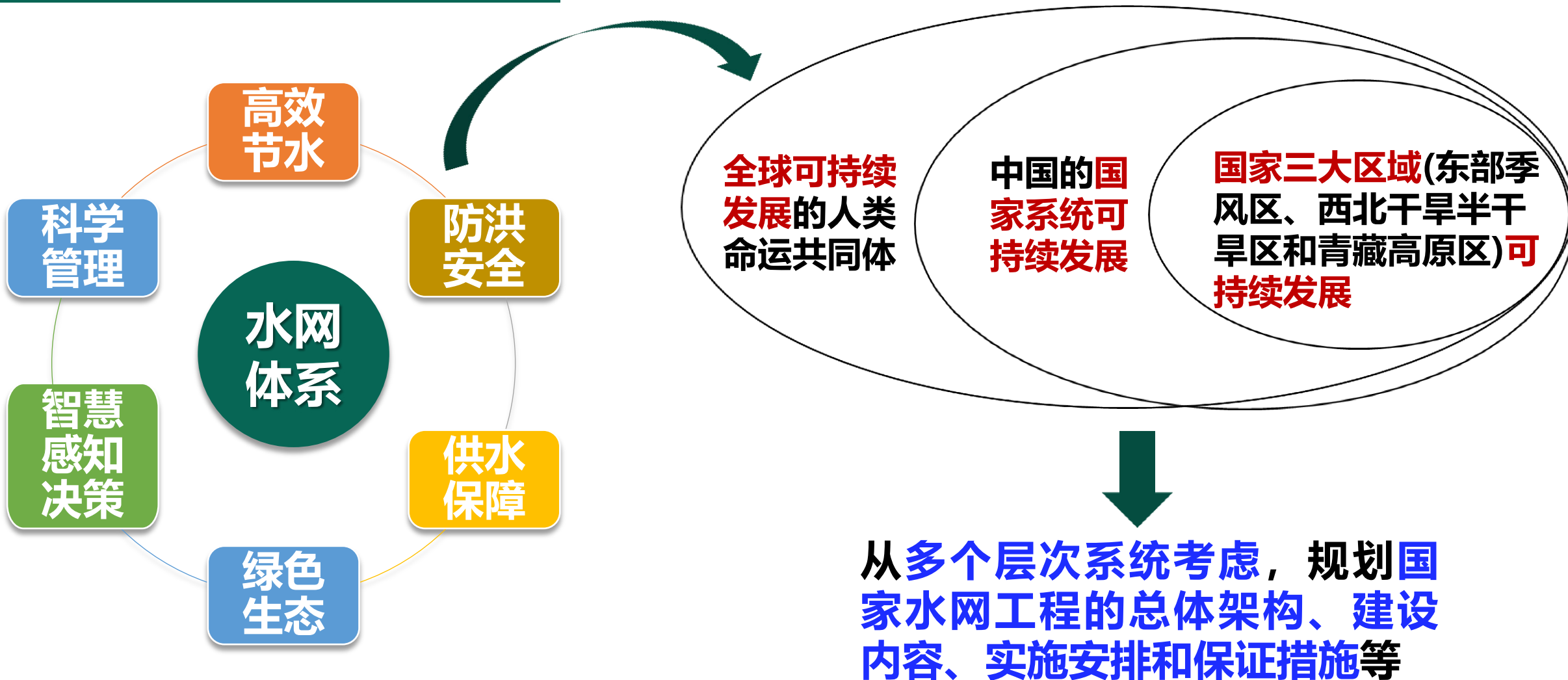
## 建议1: 加强节水型国家水网建设及水资源管理的系统思维与战略规划



从水-土-气-生及人-地关系的协调，要加强以**生态环境保护**和**绿色发展**为目标的**国家水网工程建设**，强调**水土资源及生态安全的承载力**的约束



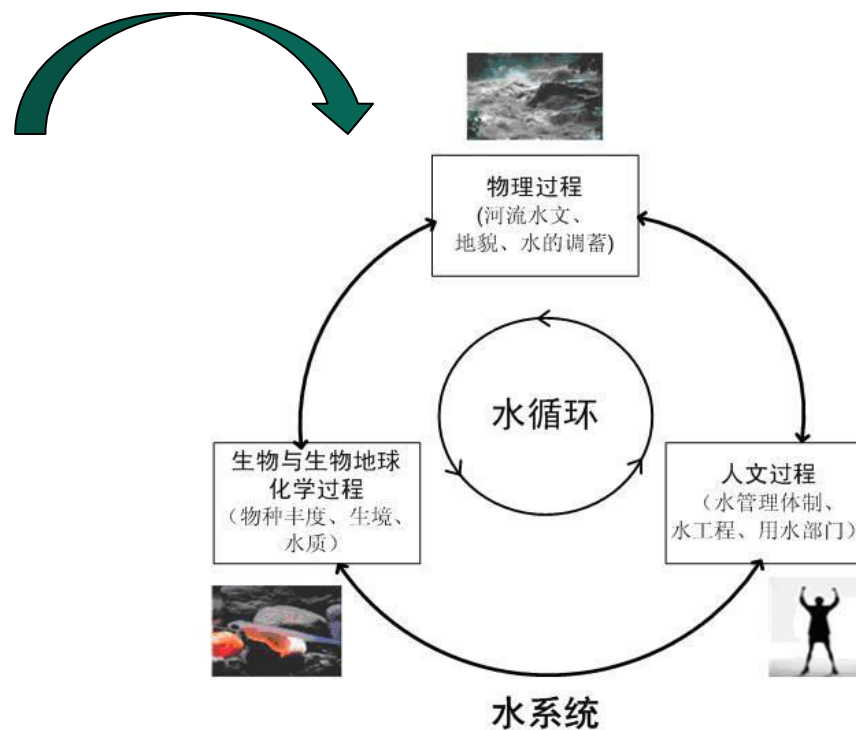
## 国家水网工程系统规划



### 三、几点思考与建议



## 建议2：推动国家智能水网工程高质量发展的科技创新与支撑



水系统模型关键在多过程耦合作用

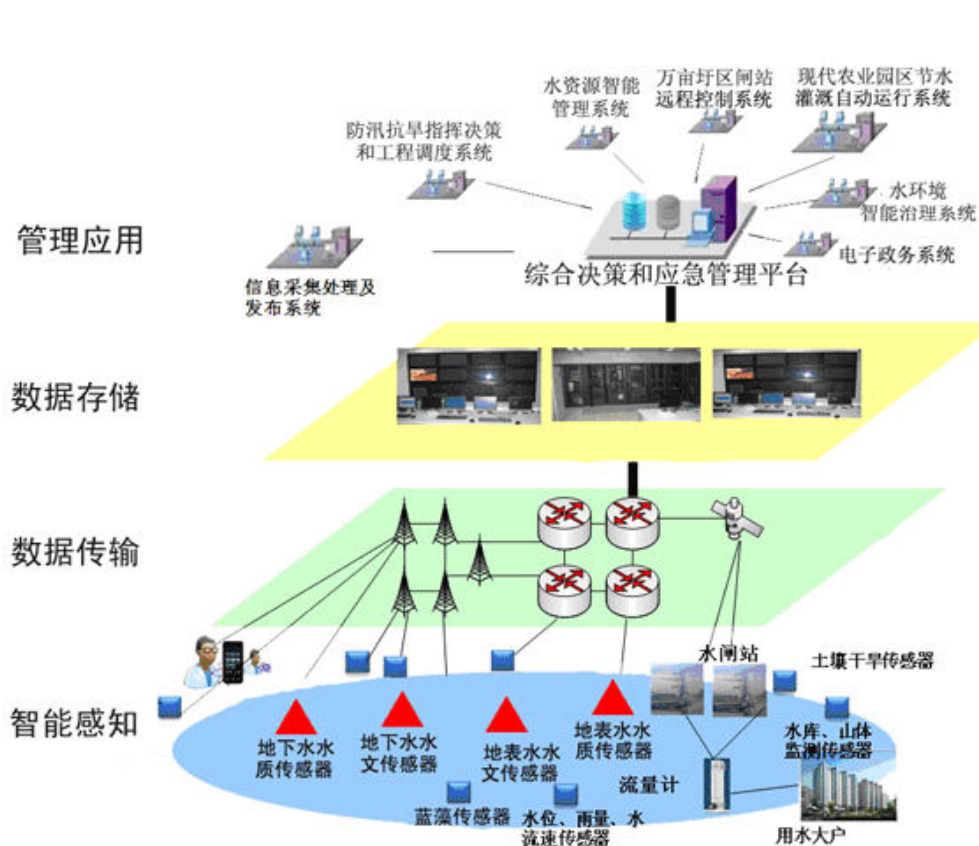
国家水网工程水系统模型为解决流域水问题而研制

从国家水网工程沿线水系着眼，着力解决国家水网的监测监控、多过程综合模拟、水安全保障综合调控与治理科技难题

# 三、几点思考与建议



## 新的发展包括**数字孪生流域**、**长江模拟器**、**元宇宙理念**、**技术研发等**



多功能复杂搭载高效节能平台设计制造

空-天-地组网观测优化与信息协同处理

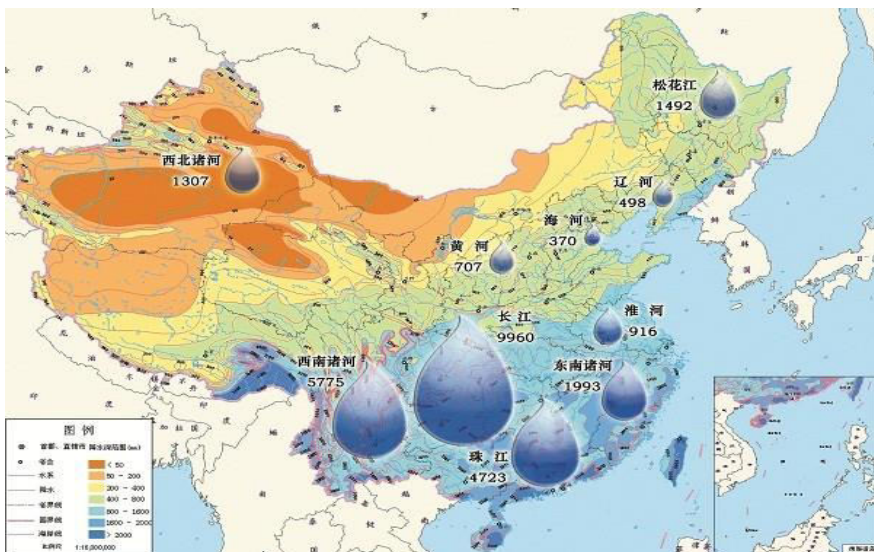
空-天-地多参数采样与耦合同步监测分析

应急监测与评估及预报预警系统集成

多方位开放智能/智慧服务与管理模式



## 建议3：拓展与完善国家水网工程的建设模式与制度创新



梳理出国家水网工程的**重大政策、重大项目**和**重大工程的需求**

深化和拓展**多层次、多用户、多维度、多目标**的水资源配置

完善**生态补偿的政策投入机制**，健全**国家水网规划依据和法律保障**

## 国家水网管理制度创新

- ◆ 开展**国家水网运行管理机制研究**，如水权及水市场、水价研究，解决调水工程经济、社会和生态环境价值
- ◆ 建设和强化多部门参与**国家水网综合管理与协作机制**，如系统监管跨部门、跨行业、跨领域、跨区域、跨省际、跨时空协作





### 三、几点思考与建议



## 突出特色，形成“政-产-学-研-用”的协同创新联盟

国家水网工程生态与环境保护研究

以大计划/项目带动学科发展

以大计划/项目带动人才培养

国家主管机构

中科院  
相关研究所

教育部相关大学

国有及民营企业

地方政府及用户

国家水网工程高质量发展目标



武汉大学夏军团队，愿通过合作与联盟，为国家水网现代工程建设与发展做贡献！



不妥之处， 敬请斧正

谢 谢 ！



联系方式: [xiajun666@whu.edu.cn](mailto:xiajun666@whu.edu.cn)