

2025第九届水资源高效
利用与节水技术交流会
太原市

水资源刚性约束制度的理论基础与实践需求

报告人：左其亭

郑州大学水利与交通学院/水科学研究中心
中国自然资源学会水资源专业委员会
国际水资源学会中国委员会水资源管理与节约专委会

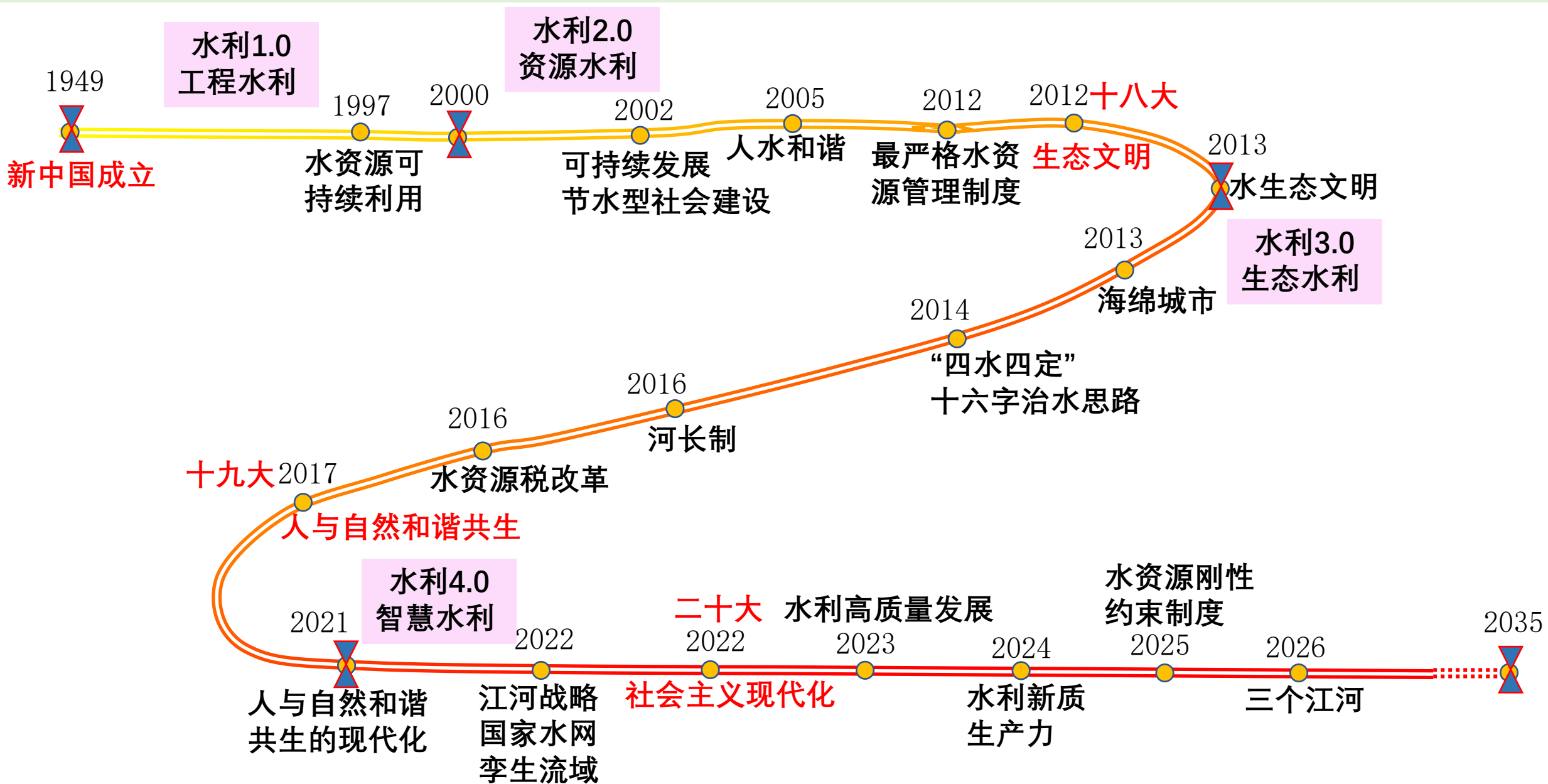
2026年6月27日

汇报提纲

- 一. 我国新时代治水思路与水资源管理制度
- 二. 水资源刚性约束制度解读及理论基础分析
- 三. 基于人水关系学分析水资源刚性约束制度
- 四. 水资源刚性约束制度实践需求及研究展望

一. 我国新时代治水思路与水资源管理制度

我国新时代治水思路



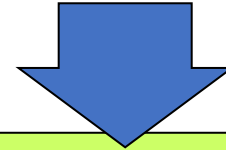
新中国水利发展阶段

考虑水利工作主导目标和主要治水思路

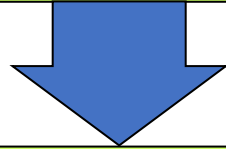
2015年发表文章



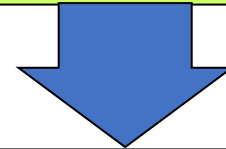
“工程水利”阶段（水利1.0）：1949-1999年



“资源水利”阶段（水利2.0）：2000-2012年



“生态水利”阶段（水利3.0）：2013-2020年



（2015年）推测：

“智慧水利”阶段（水利4.0）：2021----

“水利4.0”（**[2015年判断]**2021年以后）

特点：

以丰富的水利经验为基础

充分利用：信息通讯技术
网络空间虚拟技术

使传统水利向智能化转型

水利4.0

智慧水利

水利3.0
生态水利

水利4.0
智慧水利

2021年标志性事件

（1）开启国家水网的建设工作：

2021年1月25日，全国水利工作会议提出：以国家水网建设为核心系统实施水利工程补短板

2021年5月14日，习近平总书记在推进南水北调后续工程高质量发展座谈会上：“加快构建国家水网主骨架和大动脉”

（2）开启“数字孪生流域”工作：

2021年12月水利部召开推进数字孪生流域建设工作会议

2022年2月水利部组织开展数字孪生流域建设先行先试

7月水利部完成“十四五”七大江河数字孪生流域建设方案

2022年3月水利部制定《数字孪生流域共建共享管理办法（试行）》

时隔10年，2025年做出研判

2025年发表文章

《中国水利》2025.19



《中国水利报》2025.10.28



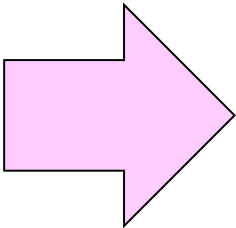
“水利4.0”（智慧水利阶段）（2021年——2035年）

“水利5.0”（共生水利阶段）（2036年——2060年）

水利发展下一个阶段

水利5.0

共生水利



以比较完善的水工程建设、生态水利建设、智慧技术应用为基础，以人水关系和谐共生为基本水情，开展综合性“大水利”工作

提出“水利5.0”的缘由

- 历经水利 1.0 至 4.0 发展，人水关系演变将进入“**和谐共生**”的共生水利阶段

1

人水关系
进入共生
水利阶段

- 水利 1.0 到 4.0 递进发展，完成相关建设，**为共生水利阶段奠定良好基础**

2

“水利5.0”
基础基本
形成

- 江河流域治理需综合应对，水利部门职能扩展，“**大水利**”形成时机成熟

4

“大水利”
形成时机
已成熟

- 该目标契合十九大、二十大报告中**人与自然和谐共生**的现代化要求

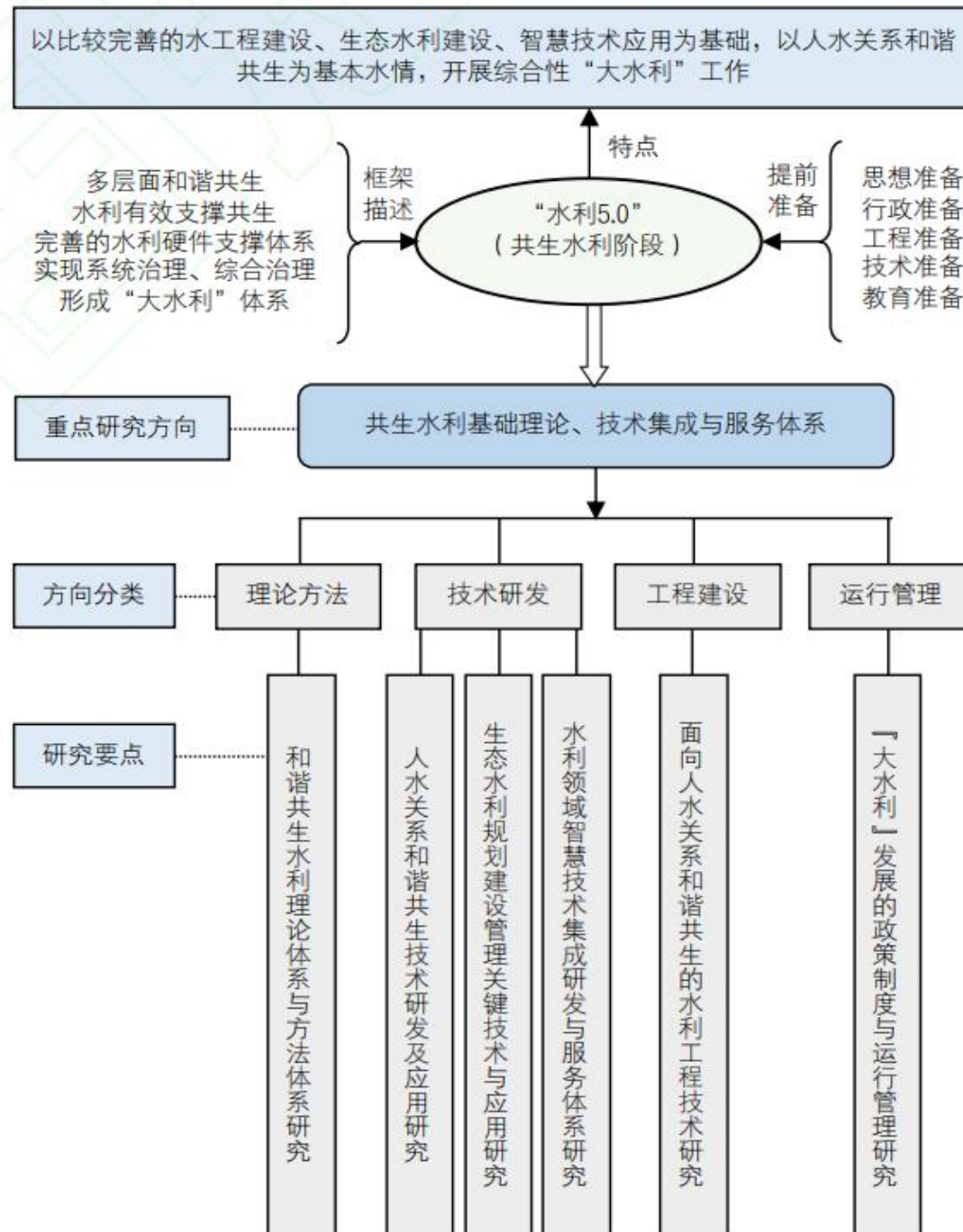
3

人水和谐
共生的水
利目标

“水利5.0” 框架

- (1) 已经形成水利相关的多层面和谐共生局面
- (2) 已经达到水利有效支撑人与自然和谐共生
- (3) 已经建成比较完善的水利硬件支撑体系
- (4) 已经实现江河流域的系统治理、综合治理
- (5) 已经形成“大水利”行政与科技教育体系

在2025-2035年期间，要尽快完成大江大河治理工程、国家水网工程、水旱灾害防御工程、河湖生态环境复苏工程、乡村振兴农田水利工程等建设，做好进入共生水利阶段的工程准备。



未来水利发展

(三个关键词)



(生态水利延续)



(智慧水利延续)



(共生水利阶段)

人水共生

“水利5.0”到来前的应有准备

大约于2036年步入“水利5.0”，
从2025年到2035年的十年间，
积极为迎接“水利5.0”做准备

**“水利5.0”
提前准备**

思想准备

行政准备

工程准备

技术准备

教育准备

我国水资源管理制度

是围绕水资源开发、高效利用、集约节约、生态保护与河湖综合治理形成的系统性制度。这一制度体系服务于国家水资源管理这一重要行政职能，具有鲜明的公共治理属性

其核心任务是：

实现水资源有效利用、合理分配、保护治理和优化调度，同时统筹水利工程布局、运行实施和区域协调等关键环节

已有制度：最严格水资源管理制度、水资源论证制度、取水许可制度、水资源刚性约束制度



二. 水资源刚性约束制度解读及理论基础分析

(一)
提出
过程

从“以需定供”到“以供定需”，到刚性约束

2002，《中华人民共和国水法》修订

2012，确立最严格水资源管理制度（2012年国发〔2012〕3号文件）

2014，习近平总书记在中央财经领导小组第五次会议讲话

2019，《国家节水行动方案》；总书记在黄河流域座谈会讲话

2020，《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标的建议》

2022，《中华人民共和国黄河保护法》出台

2025，国务院办公厅印发《落实水资源刚性约束制度考核办法》

.....

以需定供



以供定需



刚性约束

2014年3月14日：首次提出把水资源作为刚性约束的思路：



要坚持**以水定需、量水而行、因水制宜**，坚持**以水定城、以水定地、以水定人、以水定产**，全面落实最严格水资源管理制度，不断强化用水需求和用水过程治理，使水资源、水生态、水环境承载能力切实成为经济社会发展的刚性约束。



2019年9月，黄河流域座谈会习近平总书记强调：
四水四定的重要性——

以水定城、以水定地、以水定人、以水定产

中华人民共和国黄河保护法

2022-10-30 字号: [大] [中] [小] [打印]

中华人民共和国黄河保护法
(2022年10月30日第十三届全国人民代表大会常务委员会第三十七次会议通过)

目录

- 第一章 总则
- 第二章 规划与管控
- 第三章 生态保护与修复
- 第四章 水资源节约集约利用

2022年10月，《中华人民共和国黄河保护法》颁布，首次以法律形式确立了水资源刚性约束制度：

第八条明确规定“在黄河流域实行水资源刚性约束制度”

水资源刚性约束制度将成为未来中国水资源管理的基本制度！

2025年12月26日：国务院办公厅印发《落实水资源刚性约束制度考核办法》



中华人民共和国中央人民政府

www.gov.cn

国务院办公厅关于印发
《落实水资源刚性约束制度考核办法》的通知

国办发〔2025〕45号

各省、自治区、直辖市人民政府，国务院各部委、各直属机构：

《落实水资源刚性约束制度考核办法》已经国务院同意，现印发给你们，请认真贯彻执行。

国务院办公厅

2025年12月26日

1. 概念

水资源刚性约束制度研究框架与展望

左其亭^{1,2},凌敬华^{1,2},张羽¹

(1. 郑州大学 水利与交通学院,河南 郑州 450001; 2. 河南省水循环模拟与水环境保护国际联合实验室,河南 郑州 450001)

摘要:实行水资源刚性约束制度是当前水资源管理制度领域的重大改革措施,也是推动相关国家战略实施、实现人水和谐共生的必然举措。梳理了水资源刚性约束制度的提出背景与历程,分析了水资源刚性约束制度的概念内涵,从指导思想、理论基础、技术支持、战略目标、研究内容和关键问题等6个方面构建了水资源刚性约束制度研究框架,从理论研究、技术研究、实践研究等3个方面对未来研究进行了展望,以期水资源刚性约束制度相关研究提供理论和实践支撑。

水资源刚性约束制度——指使人文系统对水系统实施行为影响处于最大边界范围内所必须遵守的行动准则，是一种管理制度，具体包括经济社会与生态用水总量控制制度、经济社会发展用水需求管控制度、节水标准与用水效率约束制度和水资源刚性约束监督管理制度。

经济社会与生态用水总量控制制度

•合理确定经济社会与生态用水总量，使经济社会发展与生态环境保护达到一种可接受的平衡状态。

经济社会发展用水需求管控制度

•健全水资源论证、取水许可等制度体系，以水定发展，优化产业布局与规模；强化配置效率，遏制资源浪费，引导城乡科学布局，推动产业升级与承载力适配。

节水标准与用水效率约束制度

•强化标准引领、定额管控与财税杠杆协同发力，推行合同节水、细化行业规范，构建节水型社会长效体系，以刚性约束驱动效能跃升。

水资源刚性约束监督管理制度

•构建智能监测网络与数字化管理平台，健全刚性约束考核指标；明晰地方政府与流域机构权责清单，建立跨部门协作机制，完善立法执法衔接体系，筑牢制度落实法治根基。

2. 内涵解读

①控制水资源利用上限，平衡经济社会 - 生态用水关系

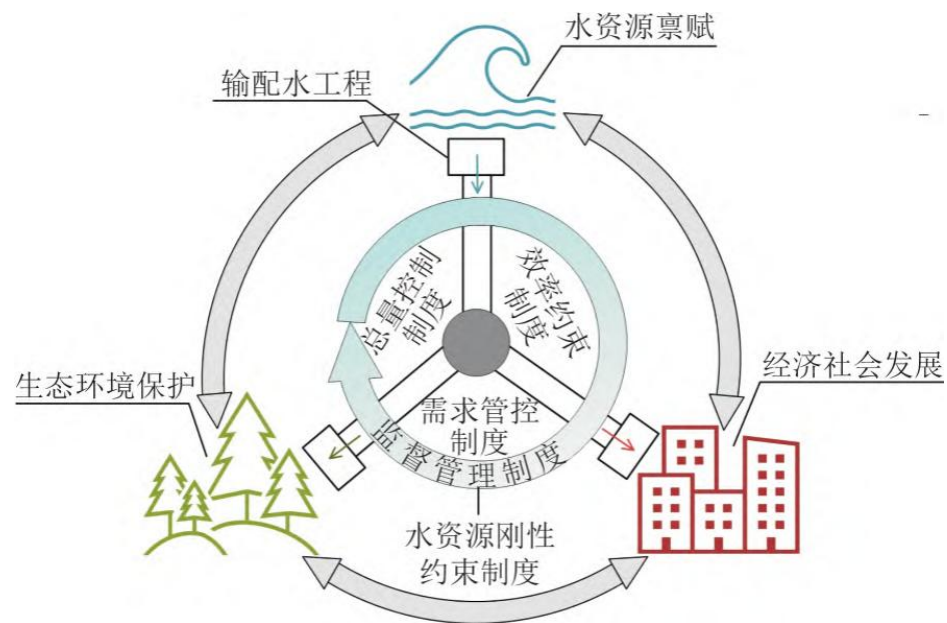
- ▶ 定指标：科学确定河湖生态流量/地下水水位红线
- ▶ 划边界：明确地表水、地下水开发利用总量上限
- ▶ 限行为：严格约束政府、企业、个人超限取水

②管控水资源消耗需求，维持经济供需水相对平衡状态

- ▶ 以水定规模：根据不同地区的水资源承载能力，确定经济布局与发展结构
- ▶ 总量刚性约束：分部门（农业/工业/生活/环境）控制用水总量
- ▶ 优化配置：抑制不合理需求，促进供需动态平衡

③约束水资源利用行为，提升水资源节约集约利用水平

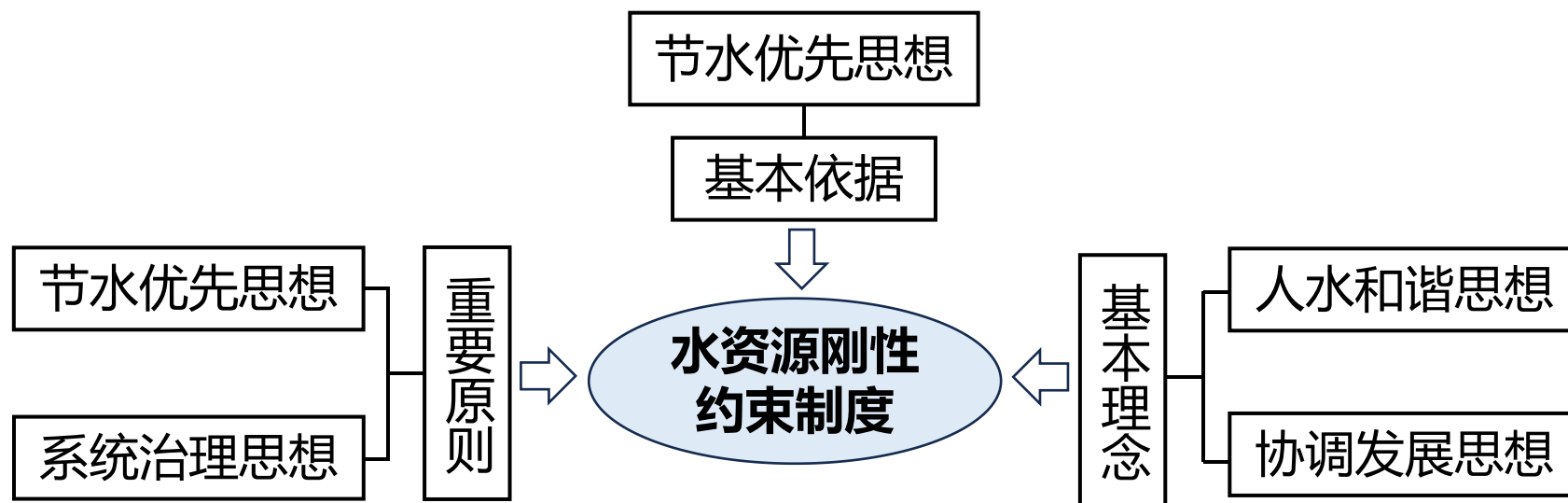
- ▶ 定额管理：分地区、行业制定用水定额标准
- ▶ 循环提效：加强再生水利用，严格用水过程管控
- ▶ 全民节水：落实合同节水、考核评价与宣传机制



水资源刚性约束制度概念

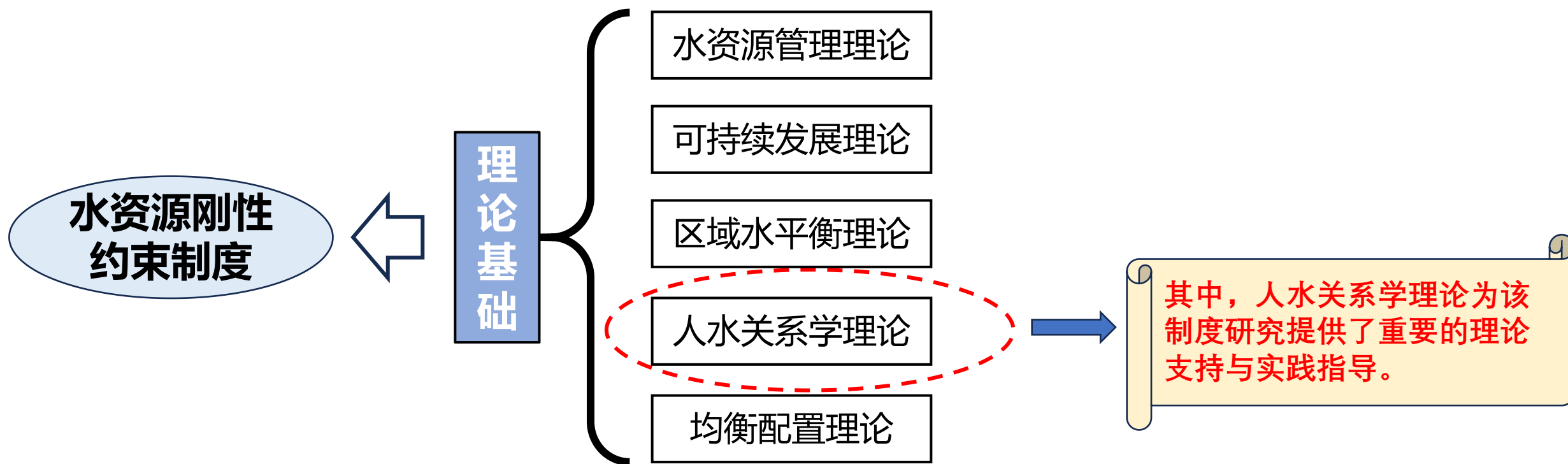
1. 指导思想

指导思想确定了水资源刚性约束制度研究的基本方向，具体包括：
人水和谐思想、节水优先思想、生态文明思想、系统治理思想、协调发展思想



2. 理论基础

理论基础是支撑水资源刚性约束制度研究形成的理论依据，包括：
水资源管理理论、可持续发展理论、区域水平衡理论、人水关系学理论、均衡配置理论



(四) 战略目标

战略目标是水资源刚性约束制度研究的服务对象，包括：**人与自然和谐共生、国家水网建设目标、水利高质量发展建设目标、江河湖库治理建设目标、流域生态修复建设目标**



中共中央 国务院印发《黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要》

2021-10-08 21:11 来源：新华社

字号：默认 大 超大 | 打印 收藏 留言 | 分享

新华社北京10月8日电 中共中央、国务院印发了《黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要》，并发出通知，要求各地区各部门结合实际认真贯彻落实。

《黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要》主要内容如下。

目录

前言

水资源刚性约束制度战略目标

人与自然和谐
共生现代化



通过水资源刚性约束制度提高水资源利用效率，实现“人-水-城-产-绿”的共生发展。

国家水网建设
目标



需要该制度的具体落实，控制水资源开发利用总量，使人类经济社会活动与水资源承载能力相适应。

水利高质量发
展建设目标



需要水资源刚性约束制度建立起科学的管控机制，促进水资源的节约、利用与保护。

江河湖库治理
建设目标



需要该制度强化水资源总量控制和需求管理，从而减轻人类活动对于江河湖库水生态的影响。

流域生态修复
建设目标



需要该制度调节流域经济发展与生态保护的协调关系，为维持流域良好生态环境预留出足够的生态水量。

三. 基于人水关系学分析水资源刚性约束制度

(一) 背景介绍

地球四大圈层

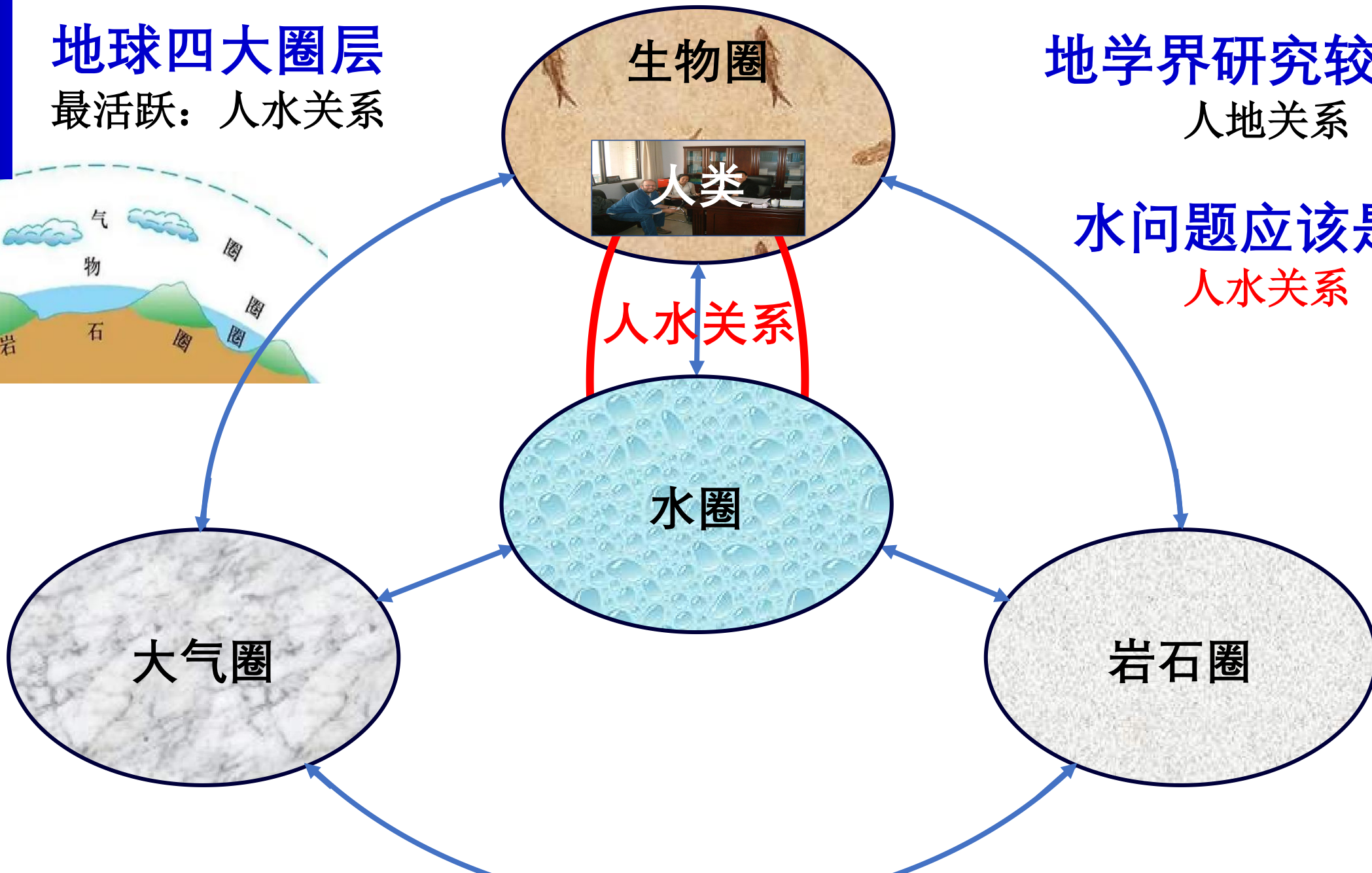
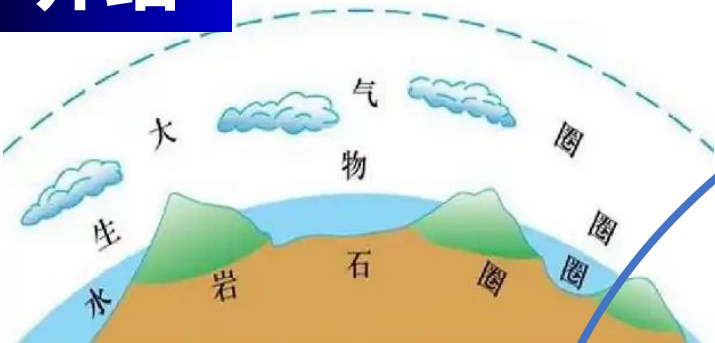
最活跃：人水关系

地学界研究较多：

人地关系

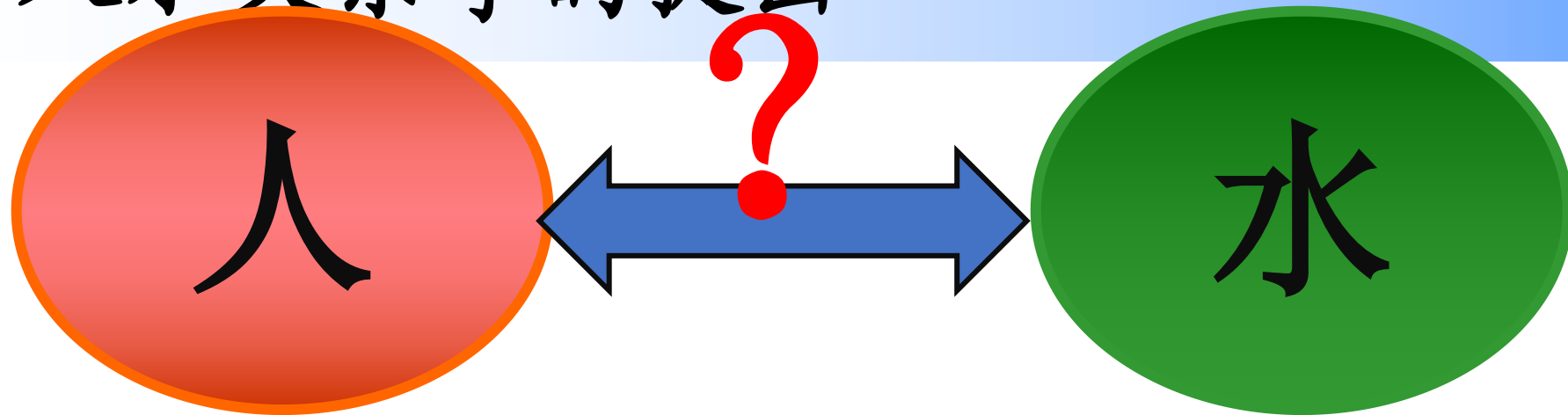
水问题应该是：

人水关系



人地关系研究多，专门针对人水关系研究少！（原因：地学不局限水，水利部门针对具体问题）

人水关系学的提出



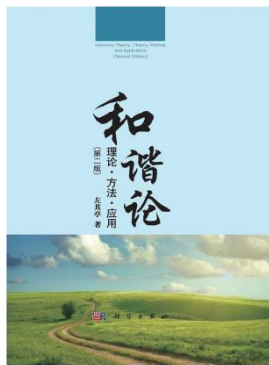
水利工作——几乎都是为了改善人水关系…

但有时候可能**事与愿违!**

[很多次报告、论文中提及]

2014年11月1日，第十二届中国水论坛
(福州) 学术报告中

2016年，写到《和谐论》第二版中



水利厅业务部门

政策法规处

规划计划处

水文水资源管理处

(河南省节约用水办公室)

水利工程建设处

运行管理处

水土保持处

农村水利水电处

水旱灾害防御处

南水北调工程管理处

移民安置处

移民后期扶持处

河长制工作处

河南省水文水资源中心

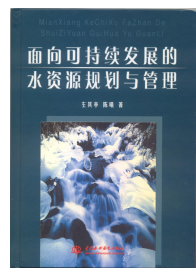
河南省河湖事务中心

河南省水利移民事务中心

2024年5月15日 河南省水利厅

人水关系学的提出

近20年努力，2021年创立《人水关系学》

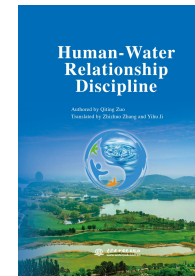
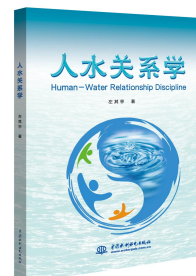
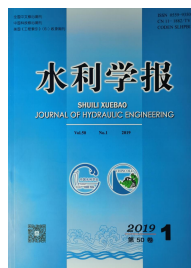


研究
基础



研究
开始

人水
关系



水资源可持续—>人水和谐

提出 人水和谐论

创立 人水关系学

1997-2000(读博士)

2004

2005

2009首提、2019构建、2020教材

2021提出、2023专著、2025英文版
2026教材

人水关系学的提出

2024年
国家领导人

精心做好“人水关系”这篇大文章

2019年9月18日，在郑州，黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上，提出“黄河流域生态保护和高质量发展”重大国家战略



2024年9月12日，兰州，全面推动黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上
提出：精心做好“人水关系”这篇大文章



人水关系学的提出

第32卷第3期
2021年6月

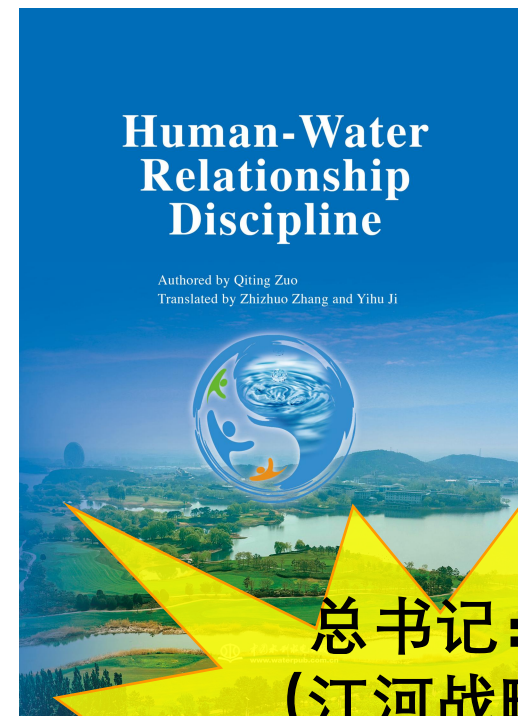
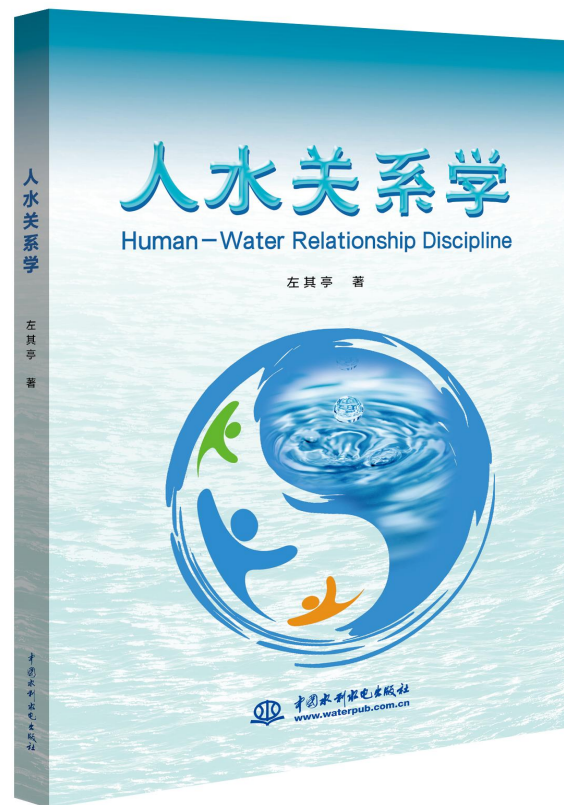
水资源与水工程学报
Journal of Water Resources & Water Engineering

Vol. 32 No. 3
Jun., 2021

DOI: 10.11705/j.issn.1672-643X.2021.03.01

人水关系学的学科体系及发展布局

左其亭^{1,2}



**站在人水关系学学科高度，认识具体问题！
基于人水关系多学科交叉，研究难点问题！
采用人水关系全系统调控，制定解决对策！**

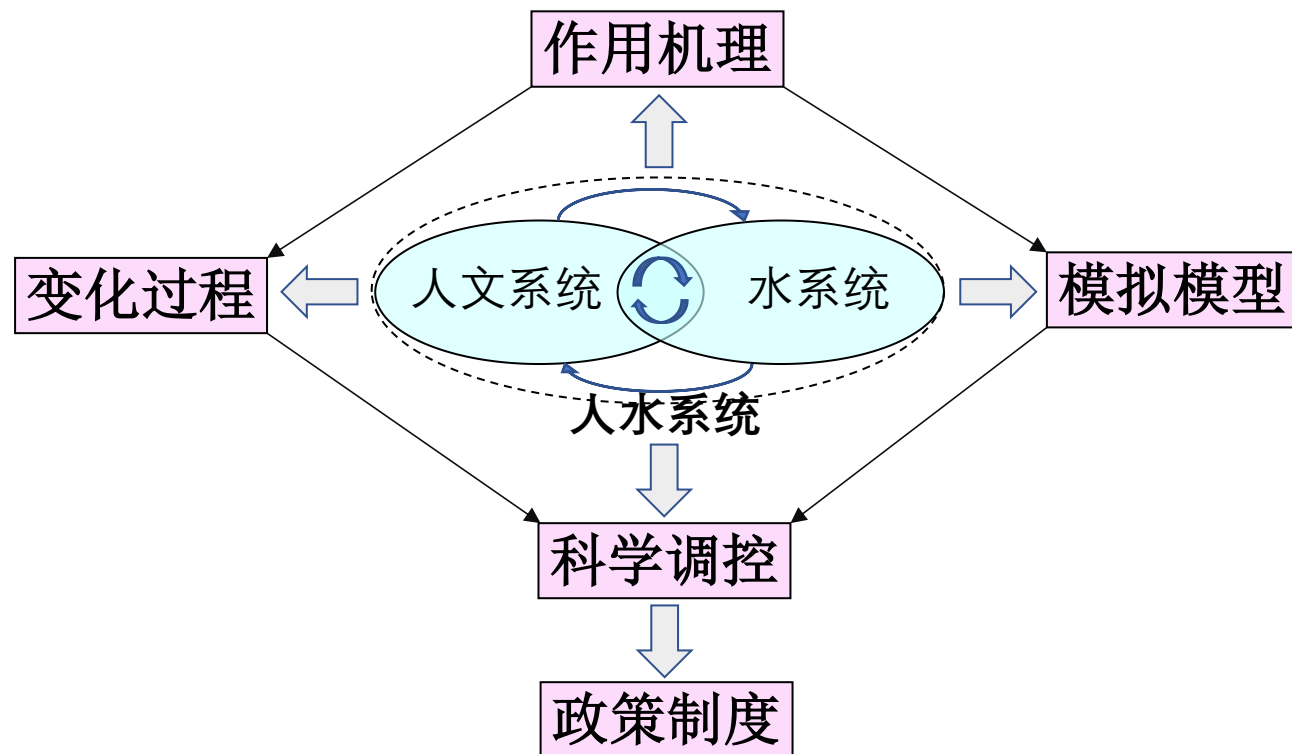
**总书记：
(江河战略)
系统治理
综合治理**

人水关系学的提出

概念

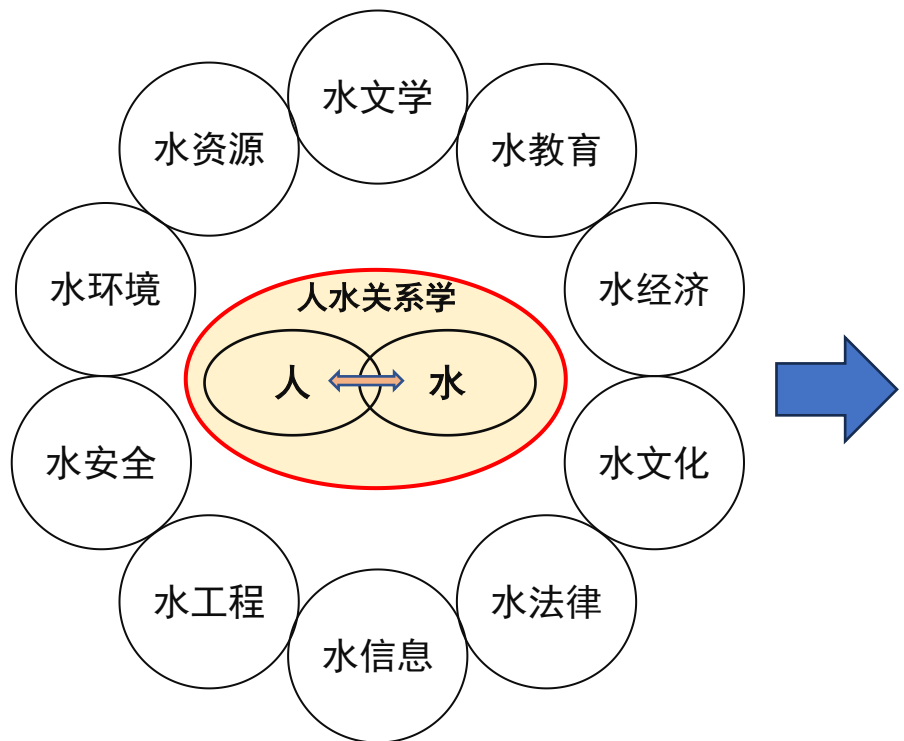
人水关系学 (human-water relationship discipline) ——尊重水系统自然规律与经济社会发展规律，借鉴水科学理论和多学科方法，来研究人水系统的**作用机理、变化过程、数学模拟、科学调控、政策制度**等理论方法的一门交叉学科，并运用这些理论方法为人类**科学认识人水关系、应对水问题、制定水策略服务**的知识体系。

研究内容



(二) 必要性

人水关系学应用于该制度的必要性



满足制度的现实需求

- 水资源刚性约束制度涉及用水、污水处理、水生态等多领域，单一学科难以应对其复杂性。人水关系学融合水文学、生态学、经济学等学科，破解多学科壁垒，为制度实施提供系统化理论与实践支撑。

顺应人与自然和谐共生重大需求

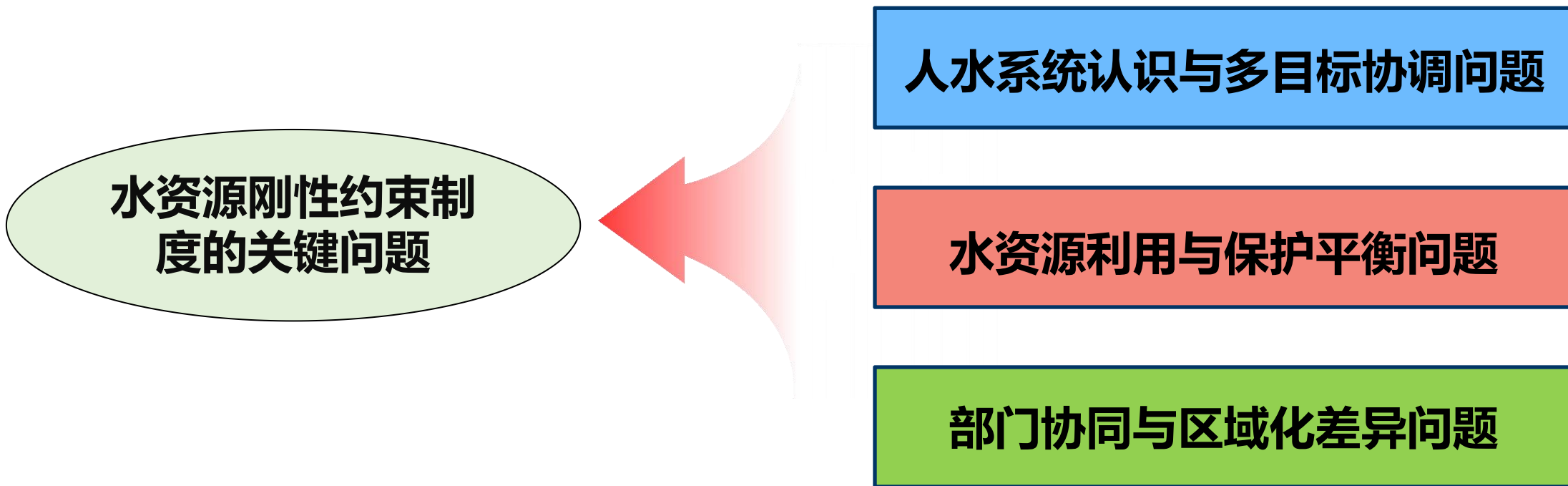
- 水资源刚性约束制度是构建人与自然和谐共生现代化国家的必然举措。而人水关系学作为系统研究人水关系的一门交叉学科，对于研究如何实现人水和谐共生，具备天然的适用性

保障国家水安全与资源配置的战略需求

- 水资源刚性约束制度关系国家水安全与战略稳定，需从跨区域视角优化水资源配置。人水关系学运用多学科方法与跨流域调配策略，可有效防范水资源短缺对经济社会发展的冲击。

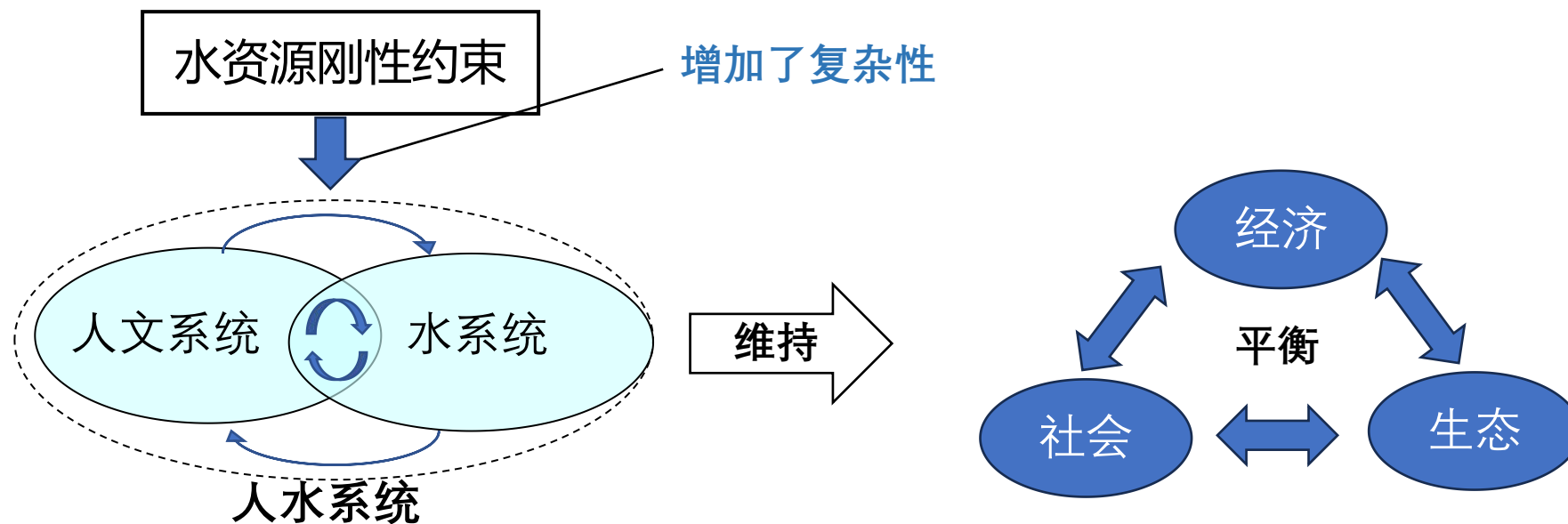
基于人水关系学研究该制度的关键问题

基于人水关系学视角分析水资源刚性约束制度的关键问题，主要包括：**基于水资源刚性约束的人水系统认识与多目标协调问题、水资源利用与保护平衡问题、部门协同与区域化差异问题。**



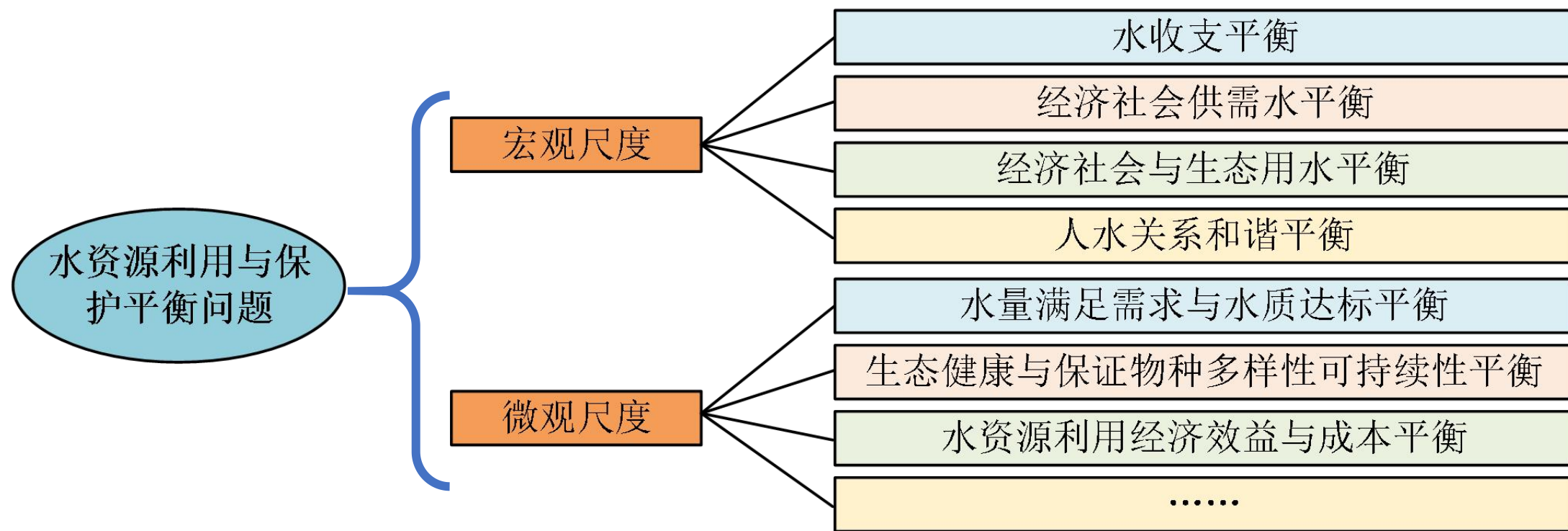
1) 人水系统认识与多目标协调问题

- 对于水资源刚性约束制度而言，只有准确把握人水系统演变规律，才能更准确地判断水资源刚性约束的“度”，并制定更有效的应对措施。
- 在水资源有限的情境下，需把握效率与公平、生态保护与经济发展、区域间均衡与政策可行性等之间的平衡。



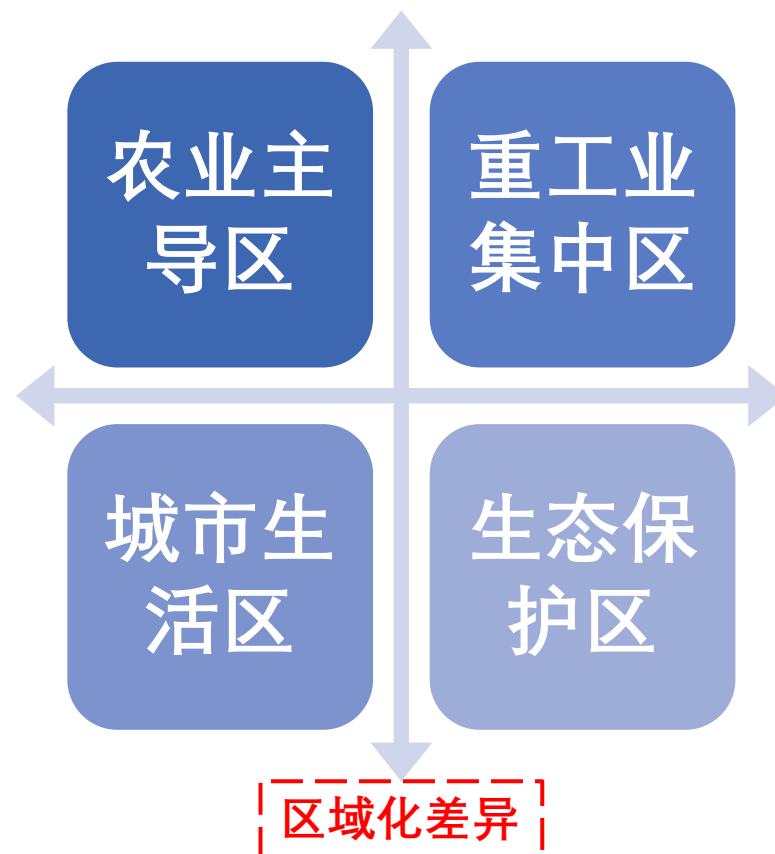
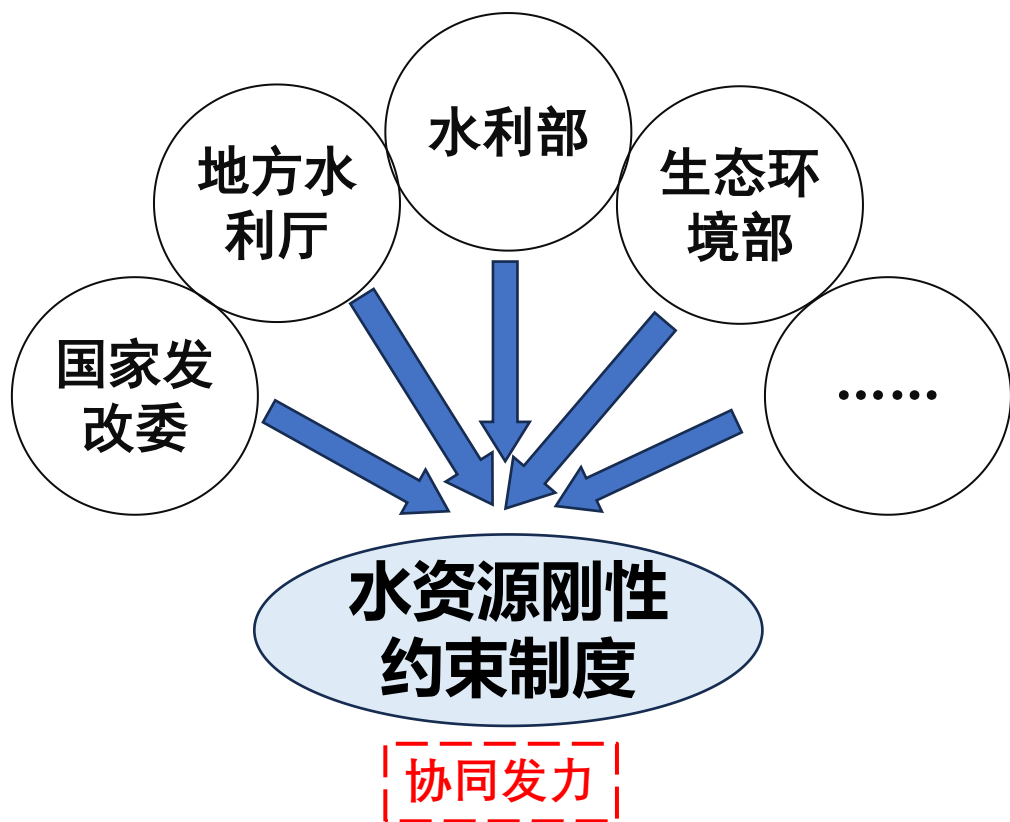
2) 水资源利用与保护平衡问题

- 水资源利用与保护平衡问题是一个复杂多层面问题，解决该问题对落实水资源刚性约束制度具有重要现实意义。



3) 部门协同与区域化差异问题

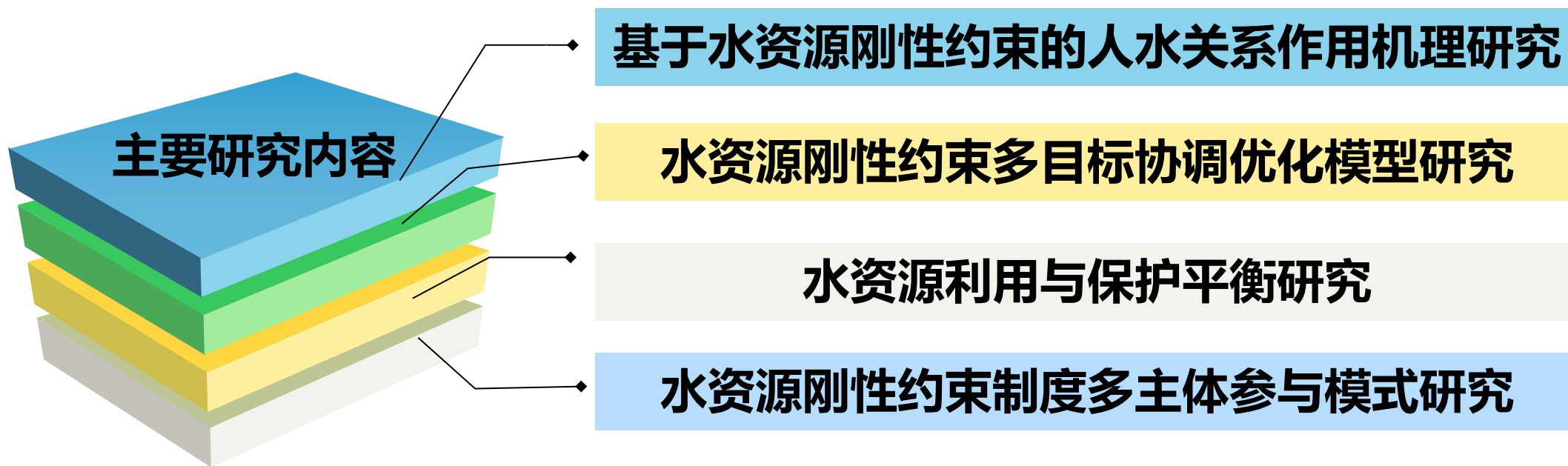
- 如何加强部门间的联动和协调，是确保水资源刚性约束制度有效执行的关键。
- 水资源刚性约束制度如何在坚持总体原则的基础上，因地制宜制定差异化管理策略和措施，精准满足各区域的特定需求十分重要。



(四) 主要 研究 内容

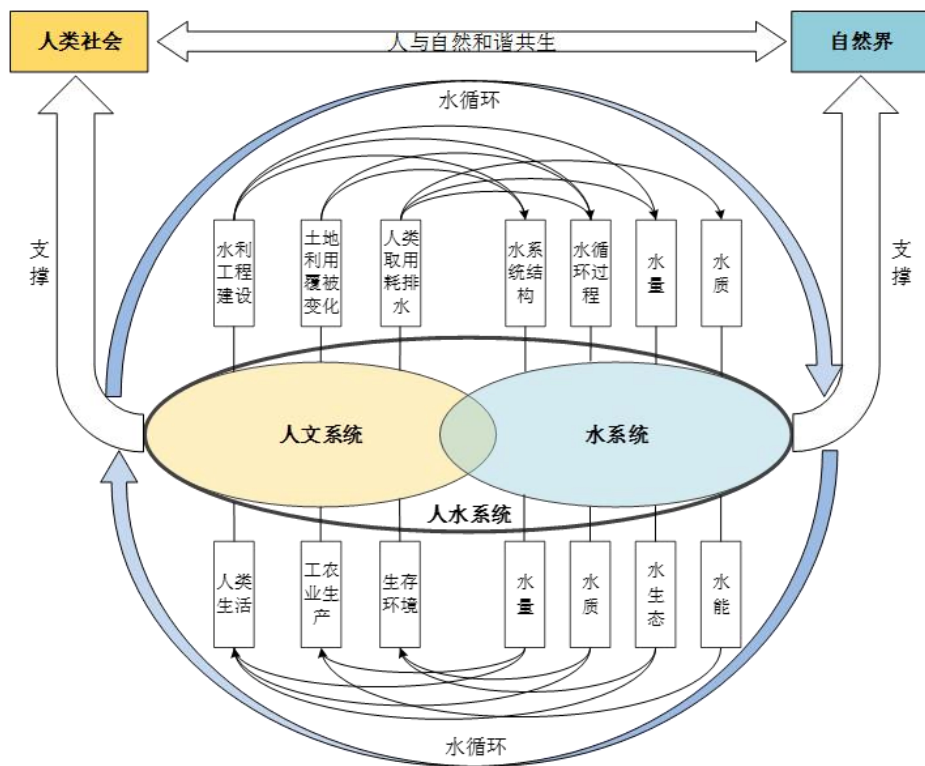
水资源刚性约束制度主要研究内容

透过人水关系学分析水资源刚性约束制度的关键问题，梳理出水资源刚性约束制度的主要研究内容，具体包括：**基于水资源刚性约束的人水关系作用机理研究、水资源刚性约束多目标协调优化模型研究、水资源利用与保护平衡研究、水资源刚性约束制度多主体参与模式研究。**



1) 基于水资源刚性约束的人水关系作用机理研究

人水系统涉及多种**相互作用关系**，既要考虑**水循环规律**，又要考虑**经济社会发展规律**，厘清**基于水资源刚性约束的人水关系作用机理**，是开展落实水资源刚性约束制度工作的**重要基础**。



人水关系作用机理示意

人水系统以水循环为纽带，支撑人与自然和谐共生。

人水系统互为外部环境，形成一个“你中有我，我中有你”的动态过程。

2) 水资源刚性约束多目标协调优化模型研究

在揭示水资源刚性约束制度人水系统演变内在机理的基础上，探索**统筹兼顾水系统“健康”、人文系统“发展”、人水系统“协调”**等多元诉求的政策设计与实施路径，具有重要的现实意义。

一方面，依据人文系统现状，确定不同层次用水需求（如刚性需求、一般需求等），通过控制城镇人口规模、调整产业结构和灌溉面积等措施，**将水资源开发利用限制在可承受范围**。另一方面，基于跨区域水资源调度与调配机制，优化水资源的时空分布格局，**以最大限度满足经济社会发展需要，并创造综合效益**。

3) 水资源利用与保护平衡研究

水资源利用与保护平衡反映了经济社会发展和生态环境保护对水资源的双向需求，它强调在水资源管理中协调人类活动和自然生态系统的需要，追求可持续性发展，是水资源刚性约束制度落地的重点任务之一。

本质上，这是解决人水和谐平衡的问题，需综合考虑水收支平衡、经济社会供需水平衡、生态用水平衡和人水关系和谐平衡四个层面。通过水量平衡原理协调不同层面用水需求，并保障生态用水需求，方能在水资源“最大刚性约束”下实现高质量经济增长与高标准环境保护的双重目标。

4) 水资源刚性约束制度多主体参与模式研究

水资源刚性约束制度**面临着部门协同问题**，**基于人水协同论、人水博弈论的思维**来构建多主体参与模式，**具有重要的现实意义**。

一方面，**通过目标分解与整合，在各级目标间实现平衡并保持共识**；另一方面，**通过组织创新与信息共享，打破以功能为划分界限的部门壁垒，提升跨部门协同效率**。

5) 区域化差异政策模拟模型研究

水资源分区管理是落实水资源刚性约束制度的基本工作之一，其面临的关键问题**为区域化差异问题**。

一方面，**利用系统动力学（SD）、可计算一般均衡（CGE）等模型模拟不同政策情境下水资源供需平衡与综合效益**；另一方面，**评估差异化政策在现有管理条件下的可行性与影响，从而不断优化区域水资源配置**。

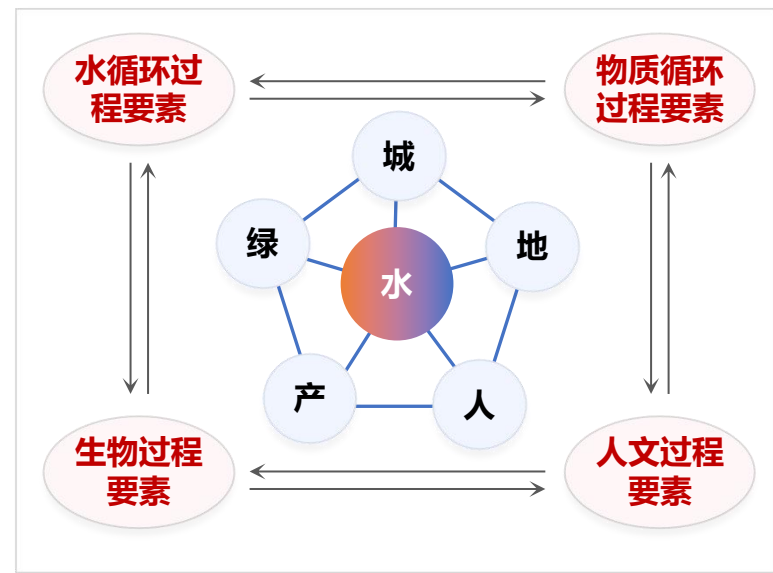
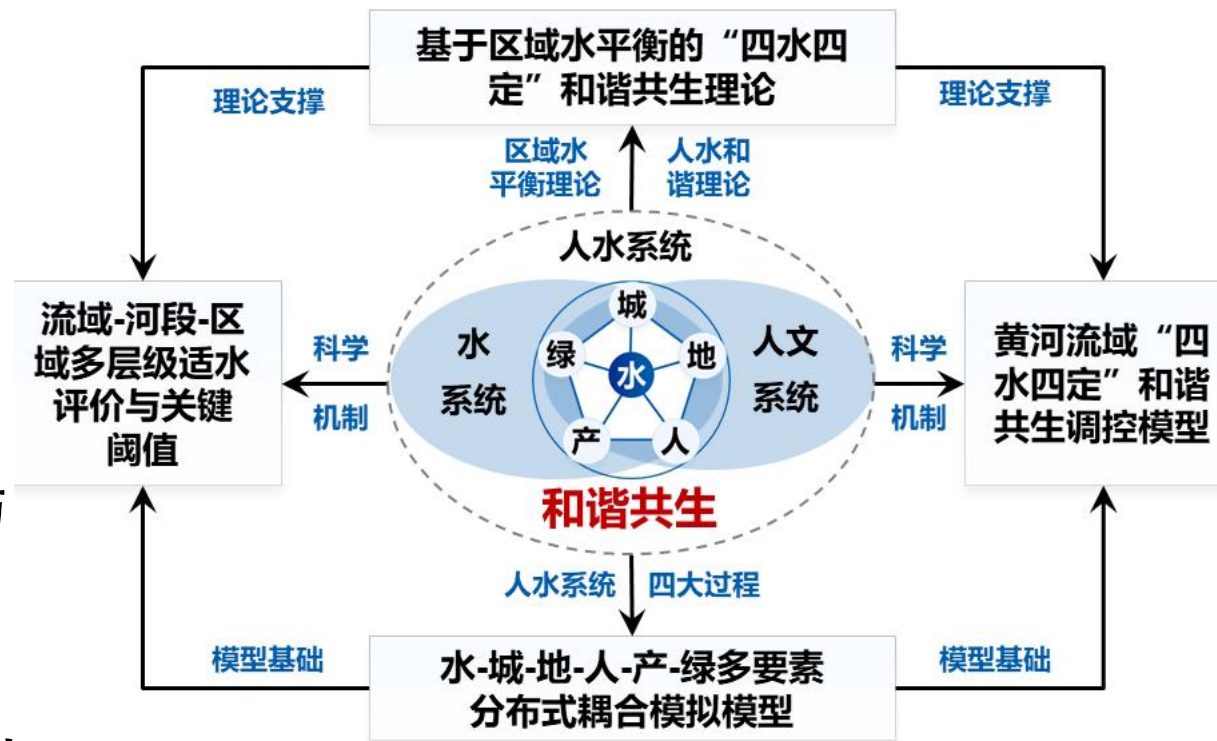
四. 水资源刚性约束制度实践需求及研究展望

国家重点研发计划（2025-2028） 黄河流域“四水四定”关键技术集成与示范

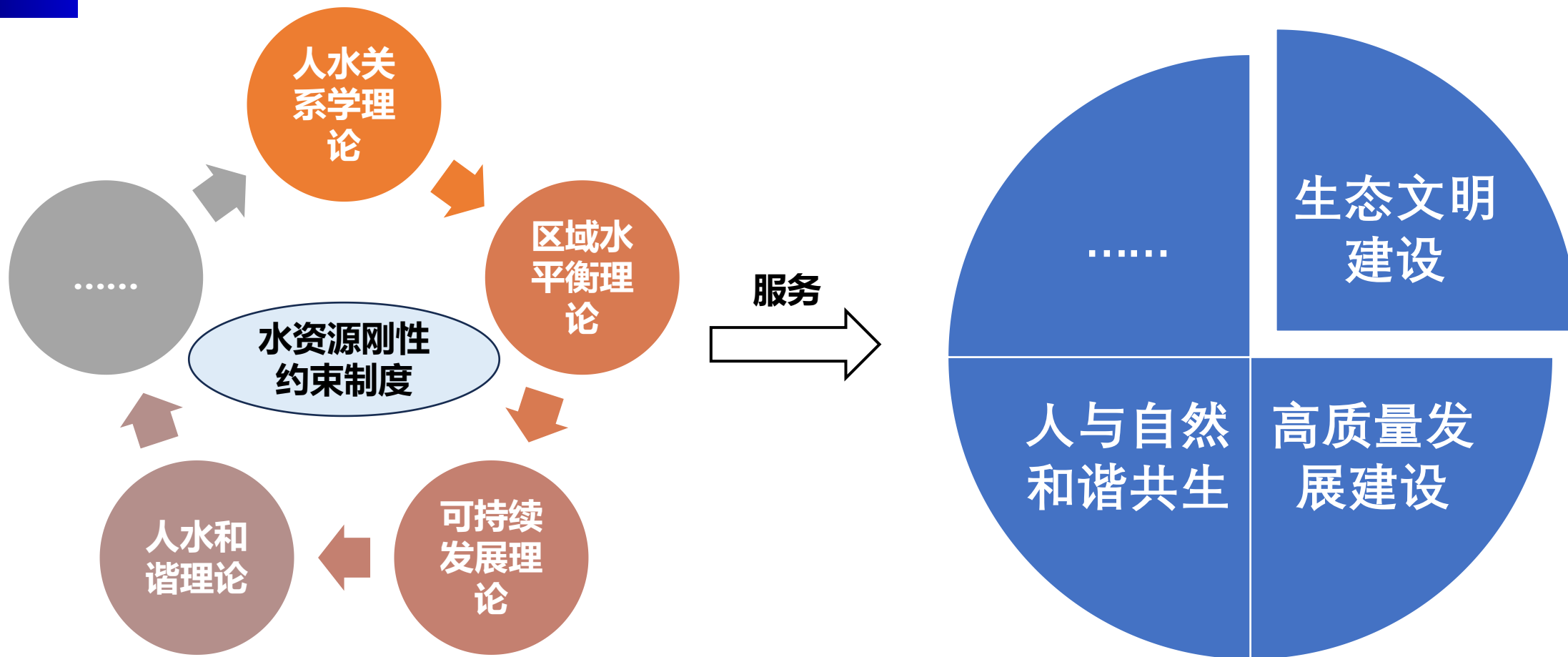
- 课题1：黄河流域水-城-地-人-产-绿交互作用机制与耦合模拟
- 课题2：流域-河段-区域多层次适水评价与关键阈值
- 课题3：黄河流域“四水四定”调控模型与方案
- 课题4：“四水四定”监测评估预警与调控技术集成示范

以水定城、以水定地、以水定人、以水定产

“四水四定”是以水资源刚性约束为核心理念



(1) 完善水资源刚性约束制度理论研究



深化理论基础与制度关联；强化制度与国家战略的衔接。

(2) 加强水资源刚性约束制度技术研究

技术方法研究

关键阈值设置：

不同地区的水资源禀赋条件、经济社会发展水平、生态环境保护现状存在差异，因此关键阈值也会存在差异。

考核评价指标体系：

确定的评价指标不仅要反映出水资源管理成效，也需要基于水资源学基本原理进行分析，反映出不同地区水资源禀赋条件的差异。

完善考核指标评价体系

明确关键阈值与方法

提升制度科学性与公平性

(3) 开展水资源刚性约束制度实践研究

深入探究落实水资源刚性约束制度的具体措施。

- 从纵向的角度上，明确不同级别的行政区划单元政府应承担的监督管理责任；
- 从横向角度上，协调好地方政府与流域管理机构的管理权限与责任，统筹好不同部门的具体措施分工，构建行之有效的水资源刚性约束制度管理体制，出台相应的法律制度。

开展水资源刚性约束制度智慧化管理研究

- 依托现有水资源管理信息系统，打造水资源智慧化管控平台需要明确系统架构设计、系统整体结构，包括监测系统、信息数据库、分析系统等，以及分析智慧化管理对水资源刚性约束制度的具体作用。

结束语

1. 面对严峻的水资源问题，深入研究水资源刚性约束制度势在必行！
2. 水资源刚性约束制度，为人与自然和谐共生现代化建设提供保障！

敬请批评指正！ 谢谢！

左其亭

Email: zuoqt@zzu.edu.cn; zuoqiting@163.com

电话: 13653817257; 0371-67780043(O)

