

水资源高效利用研讨会，2017.7.26-27，哈尔滨

水资源承载能力及其解耦 的几点思考

夏 军

武汉大学水安全研究院
中国科学院水资源研究中心

2017年7月26日

特别声明

本课件为2017中国水资源高效利用与节水技术论坛专家发言材料，仅供参会人员内部交流使用，禁止外传及作为他用！

本届论坛支持单位：中国水利学会

本届论坛主办单位：河海大学、中国水利经济研究会、黑龙江省水利科学研究院

更多信息可关注微信公众号：swltzx

论坛会务组

电话：010-6320 3233

网址：www.sinowbs.com

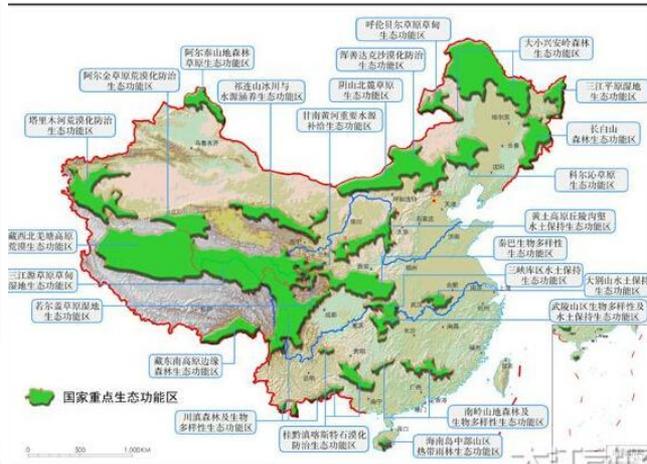
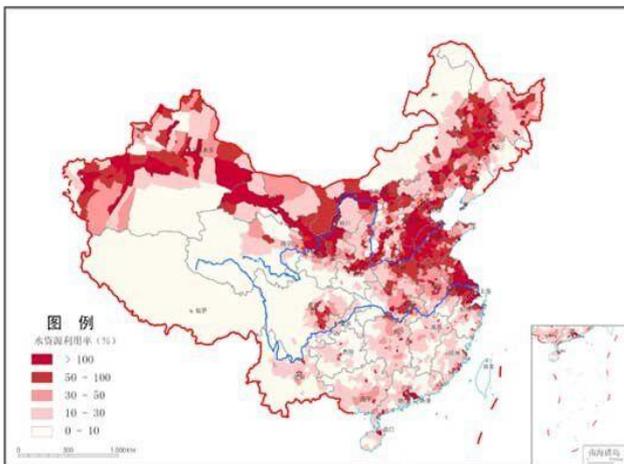
地址：北京市西城区白广路北口水利部综合楼732

报告大纲

- 一、中国主功能区战略与承载能力**
- 二、水资源承载能力三个思考**
- 三、几点对策与建议**

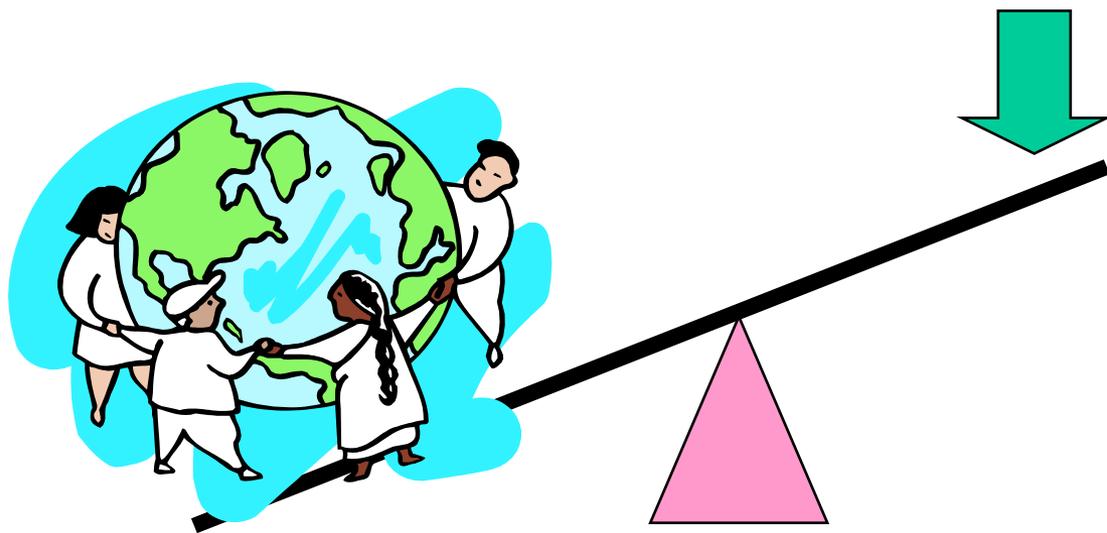
中国的主体功能区战略：国家空间规划战略

1. 发挥各区域资源优势，形成各具特色、功能互补的区域分工格局，促进资源和要素在国土空间上的优化配置，提高各类资源的投入产出效率
2. 形成良性互动的区际关系 推动各地区共容式发展
3. 通过区域**资源环境承载能力**分析，实现对资源、环境和生态的保护，促进人与自然和谐相处推动可持续发展



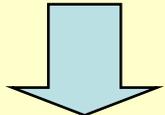
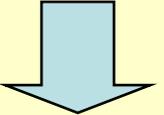
1、什么是承载能力？

“承载能力”（Carrying Capacity）一词，起源于生态学，用以衡量特定区域在某一环境条件下可维持某一物种个体的最大数量



度量资源环境承载能力的一个核心是水安全和水资源承载能力

变化环境下中国水安全面临的挑战

目标年	人口 (亿)	用水总量 (亿M ³)	中国北方 人均可利用总量 (M ³ /p)	全国人均可 利用总量 (M ³ /p)
2000	13	5632	359	628
2030	16 	7101 	292 	508 

保障中国水安全、水资源承载能力的阈值在哪里？

**→ 中国严格水资源管理的三条红线
水循环和水资源承载能力是基础**

二、水的承载能力及其解耦思考

水资源是可更新能被人类利用的 最基础的自然资源

水资源承载能力：

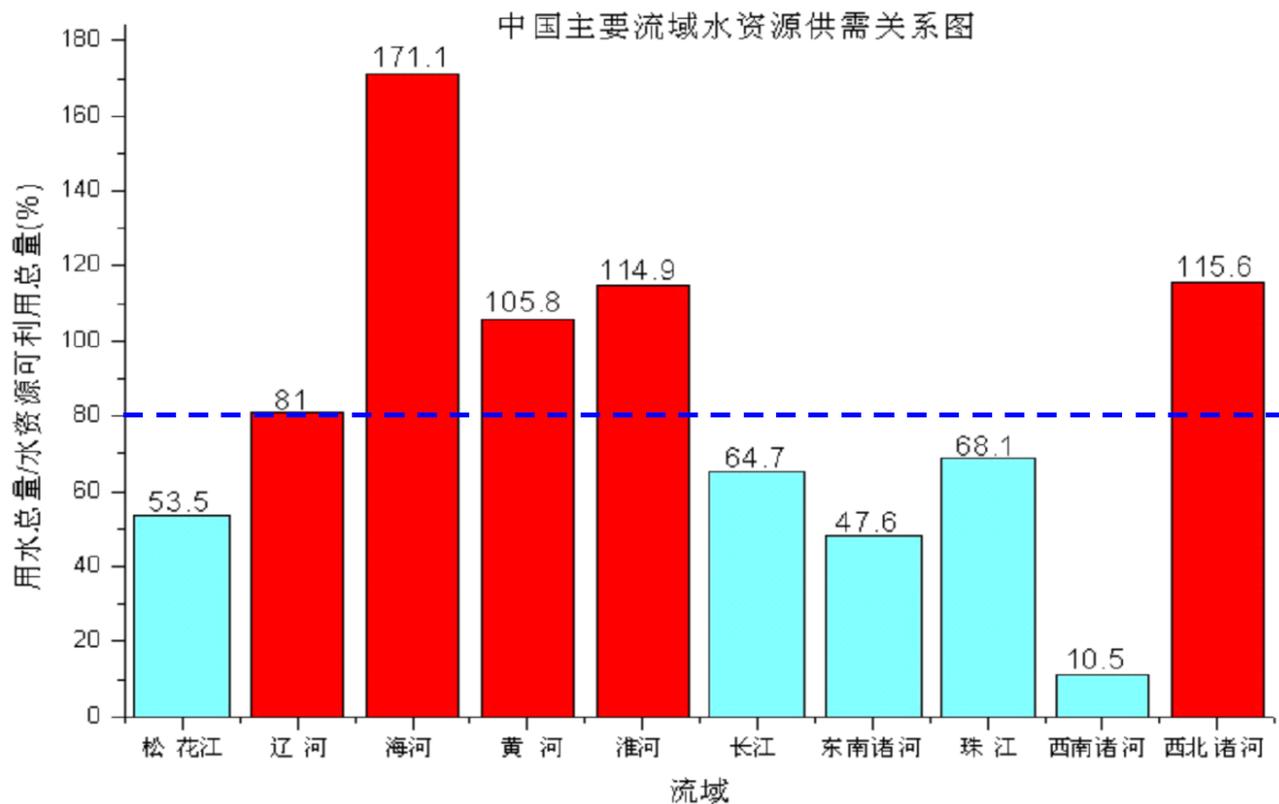
一个国家/地区在可遇见的期间内，利用本地及其它方式输入的有水质保障的水资源和智力、技术等条件，在保证社会文化和物质生活水平条件下，所能持续供养的社会经济规模（人口数, 绿色GDP等社会净福利）

思考1：针对国家主功能区战略，十三五~未来30年面临的国家需求（实际应用）问题最现实和实际的理解是什么？

- ◆ **什么是未来2020-2050年国家发展最关注的水资源问题？**
- ◆ **难点在哪里？**

目前中国严峻的态势

1) 水资源供需矛盾十分尖锐



总用水量/可用水量 $\geq 80\%$ 的水资源供需矛盾危机地区

2) 水污染水环境问题依然比较严重

- 1、 环保部《**2016年全国环境质量公报**》监测的1617个地表水国控断面中，**IV水以上比例29.8%**，其中IV类占13.4%，V类占6.3%，劣V类占9.1%
- 2、 **《2016中国环境状况公报》**6124个地下水监测点位中，**较差级的比例为45.4%**
极差级的比例为14.7%



3) 中小河流山洪灾害与城市内涝问题突出

中小河流山洪灾害损失超过全国水灾害损失的
2/3；近三年**60%以上**的城市发生过内涝灾害



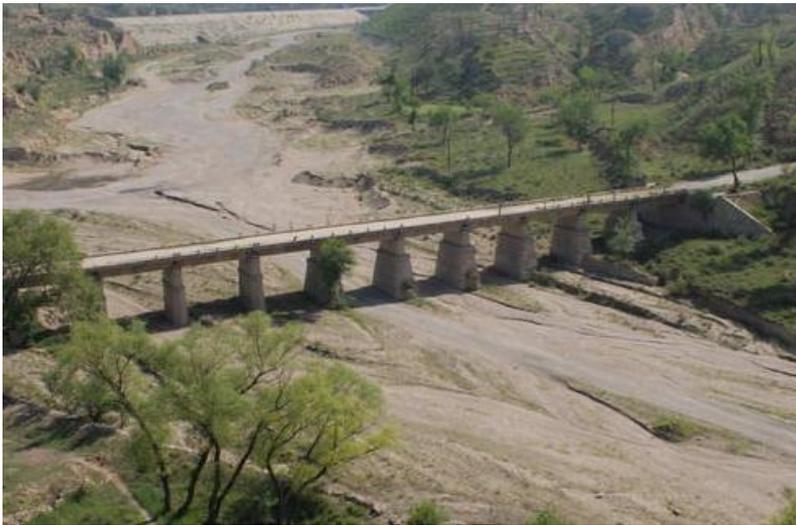
2017年7月山东4市遭受洪涝灾害, 受灾人口15.1万人

枣庄、临沂、莱芜、菏泽



4) 水生态安全形势十分严峻

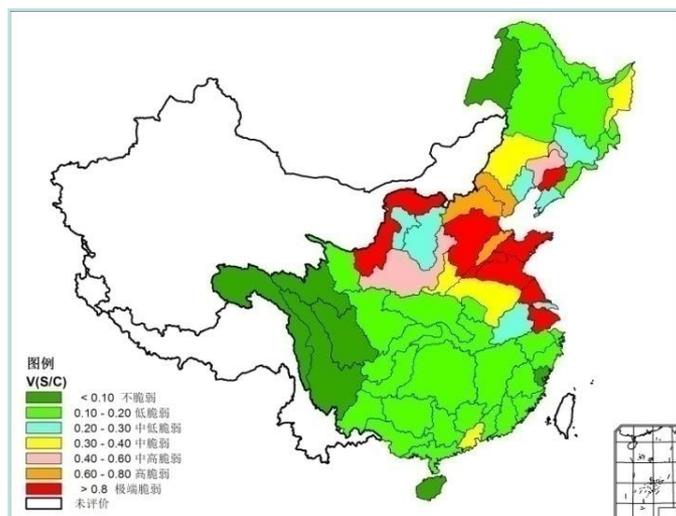
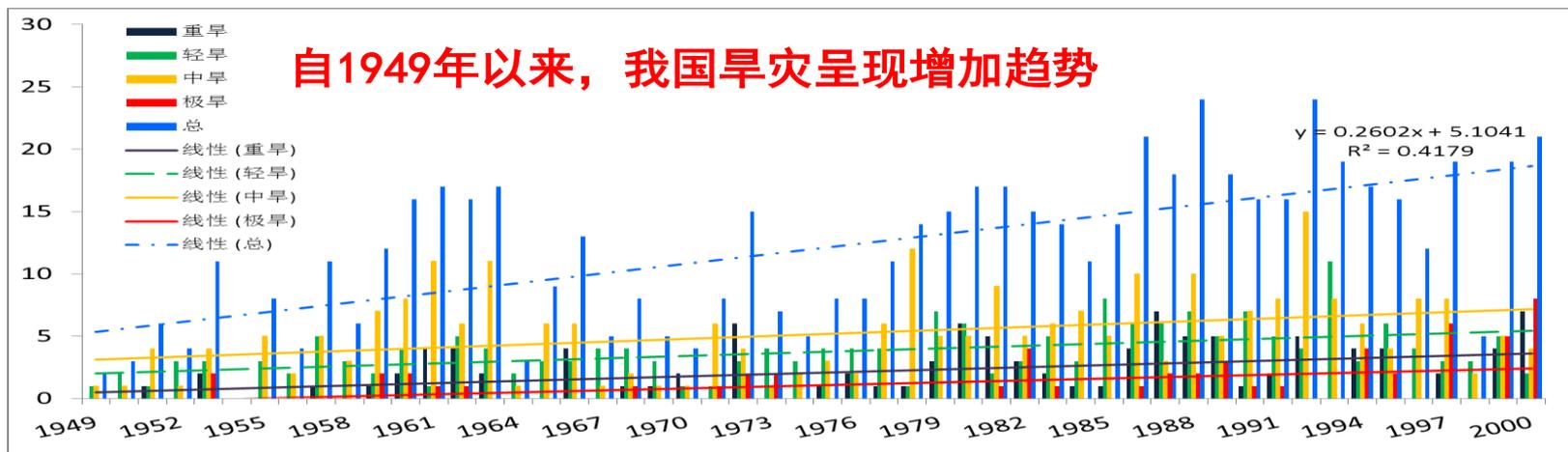
河道断流、湖泊干涸、湿地退化等问题严重，影响到我国生态安全



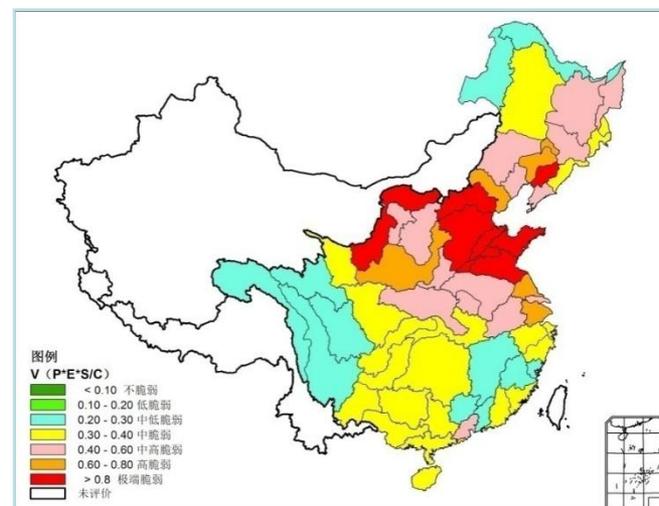
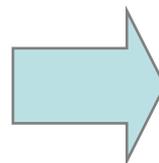
据2014年1月公布的湿地资源调查结果，近**10年来**我国**湿地面积减少了339.63万公顷**，其中自然湿地面积减少了**337.62万公顷**，减少率达**9.33%**。

5) 全球变化可能加剧我国水危机的风险

(夏军团队国家973项目成果之一)



只考虑水资源供需关系的水资源脆弱性V

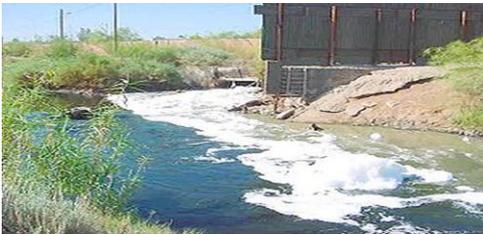


进一步考虑旱灾风险与暴露度的水资源脆弱性V

“十三五”我国水资源承载能力研究的需求

核心：支撑未来关键2020-2050年中国经济社会持续和健康发展的水资源安全保障问题

挑战：如何坚持人与自然和谐理念下，破解我国复杂的水安全问题？



河流水环境污染问题



全国缺水问题



水旱灾害问题



生态退化问题

- ◆ 城市水
- ◆ 农业水
- ◆ 环境水
- ◆ 生态水
- ◆ 国际河流

思考2：国家主功能区战略配置需求，背后的关键科学问题是什么？
如何理解和探索水资源承载能力和战略配置背后的科学问题？

- ◆ **国家社会经济发展、生态保护需要认真研究水资源承载能力，这是一个老题目/老课题**
- ◆ **但是要有新的科学问题！**

关键科学问题

科学问题2：变化环境下适宜发展规模的经济耗用水模式与好的水治理体制？

科学问题1：变化环境下有多少可更新和可利用的水资源？

水资源

**需求多少水？
(量和质)**

**社会经济
规模**

**供需矛盾
(时间/空间)**

**可供多少水？
(量和质)**

流域尺度
区域尺度
全球尺度

水循环

虚拟水(贸易)
外调水

科学问题3：变化环境下科学的时间/空间战略配置体系？

科学问题1：变化环境下有多少可更新和可利用的水资源？

关键：
有多少水？

1) **可利用水量**变化

自然变率（传统）

气候变化影响

2) **可利水质**变化

本底质变化

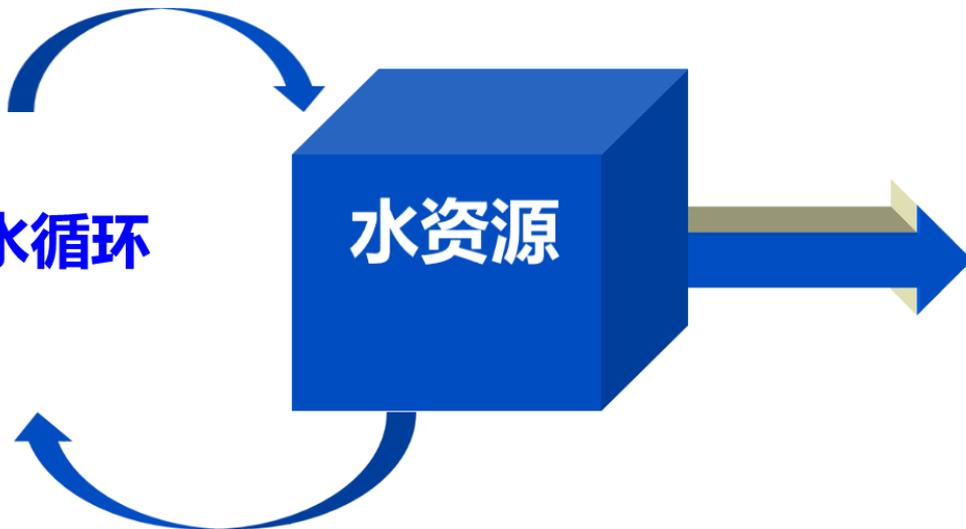
人类排污影响

流域尺度
区域尺度
全球尺度

水循环

水资源

可供多少水？
（量和质）



【应用举例】 气候变化对南水北调(中线)工程影响与适应对策

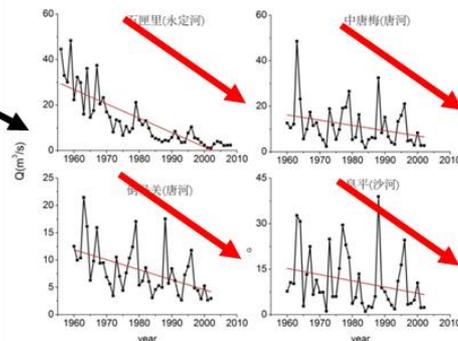
1. 三个变化

1) 调水区和受水区径流变化

过去和现在的变化

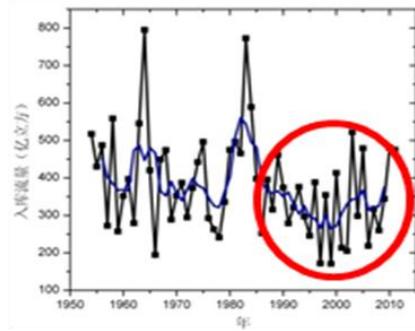
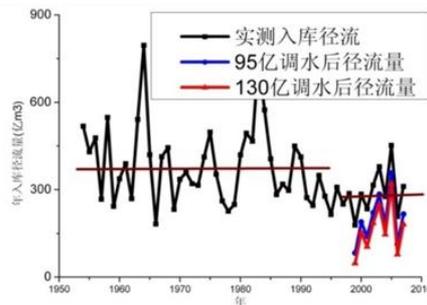
上世纪80年代后丹江口入库径流一直呈下降态势，尽管2000年有所恢复，但**总体上，仍处于枯水期**

1990~2012年实际入库的径流相对1954~1989年规划设计**减少21.5%**



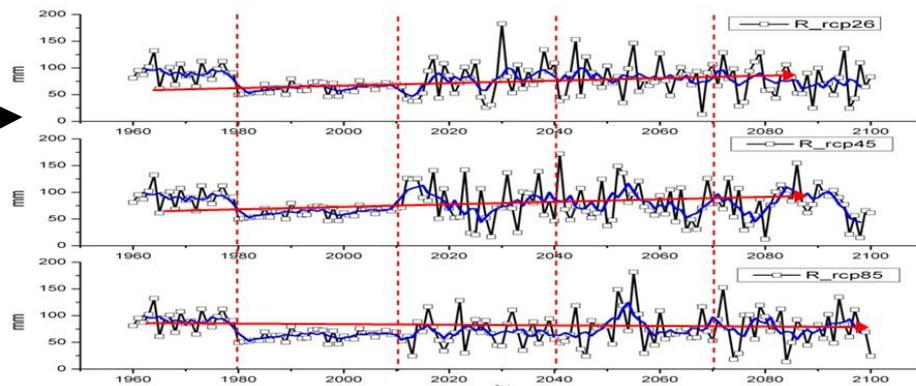
海河流域典型测站径流变化

海河径流大部分呈**下降趋势**

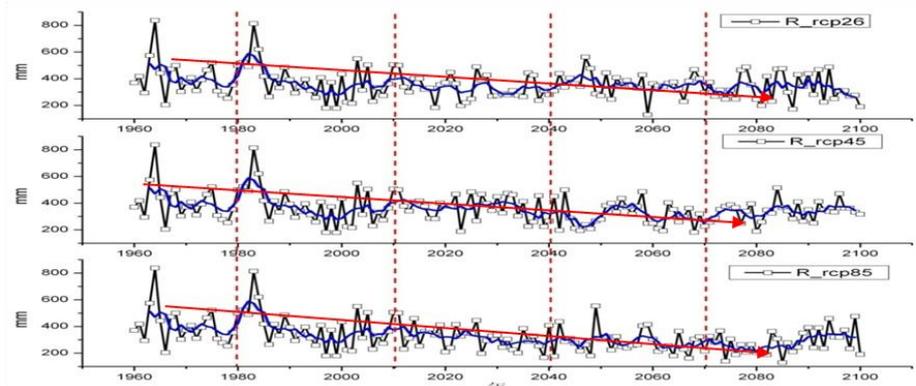


1951-2012年丹江口水库入库径流

未来气候变化影响下的变化



2010~2100年海河径流深（毫米）



2010~2100年丹江口水库入库流量(mm)

海河径流先降2040年稍有上升，但汉江上游呈现下降态势

科学问题2：变化环境下适宜发展规模的经济耗用水模式与好的水治理体制？

关键：
社会经济发展
环境保护需要
多少水？

- 1) 工业
- 2) 农业
- 3) 生活
- 4) 生态

社会经济规模&结构？
传统用水模式？
节水模式？

三大要素：

- 1) 用水效率/水的生产率
- 2) 社会经济发展规模
(多大尺度？经济结构？ ...)
- 3) 水的经济价值

基础：

- 1) 用水的监控与计量
- 2) 社会水文学经济规律的探索...

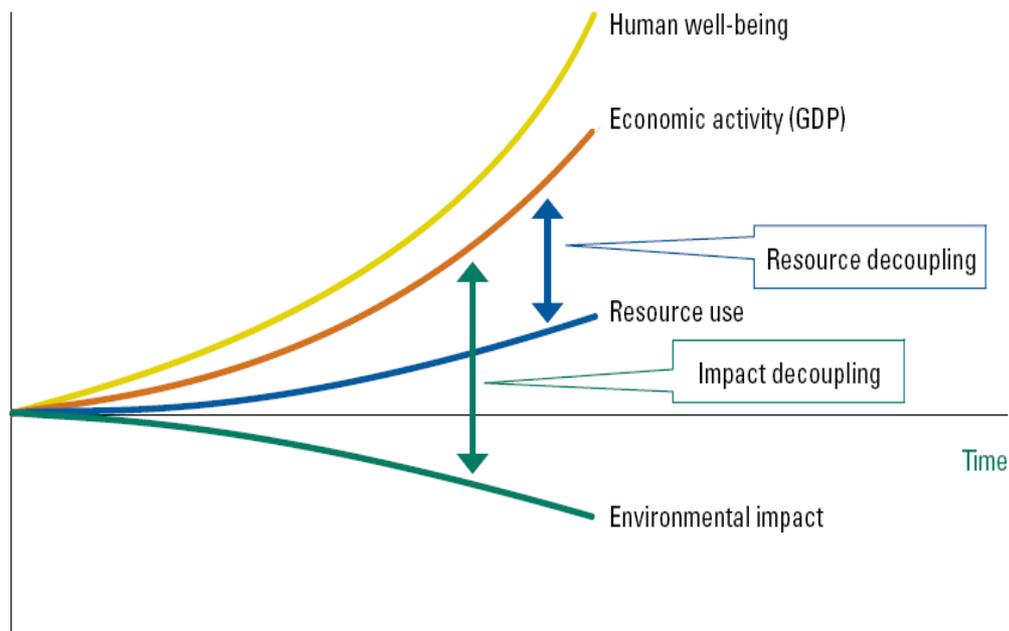
- 2012年，UNEP国际资源小组公布了从环境影响和经济增长中**解耦**自然资源利用的报告（环境署，2011a）。
- “**解耦**”：是指使用最少的资源（例如水、化石燃料）来保证经济增长，解除经济增长对环境的依赖性(UNEP, 2011a)。

水资源解耦

单位经济活动的水资源使用率减小，可通过随时间变化的**经济输出与资源输入(即用水量)的比值**体现出来。

水资源解耦

可持续发展和绿色经济的核心是**承认需要打破经济发展和资源利用之间的联系，即“解耦”**



- ① **“相对解耦”**，即资源使用量增加，但资源使用量增加率比经济增长率低；
- ② **“影响解耦”**，即资源利用的规模和性质不会对环境造成负面影响，即**“双解耦”**
- ③ **“绝对解耦”**，即在经济增长的情况下资源使用量减少。

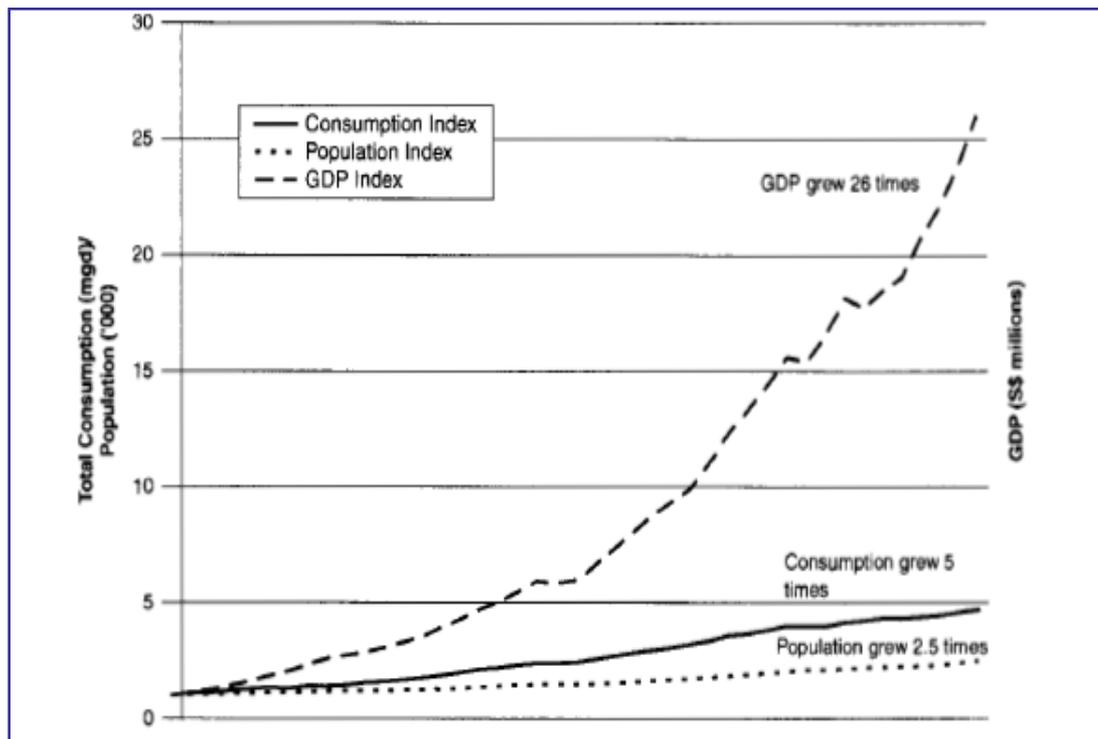
挑战：中国社会经济增长，如何最大限度实现水资源解耦？
途径与对策？效果？

新加坡社会经济增长和用水量变化的启示

新加坡GDP、人口和用水总量的增长
(1965~2007年)

经济增长25倍，

用水量只增长5

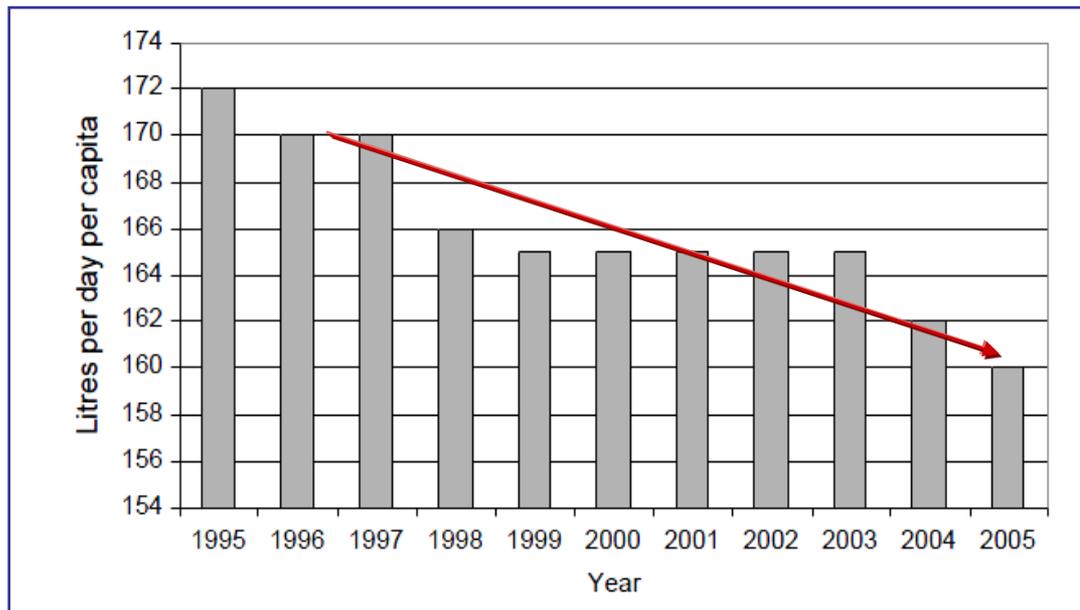


新加坡居民住宅用水量
(1995~2005)

不是零增长，
而是负增长！



国家节水战略



新加坡智慧城市建设和水文章



科学问题2：变化环境下科学的时间/空间战略配置体系？

关键：
破解供需矛盾水资源科学配置？

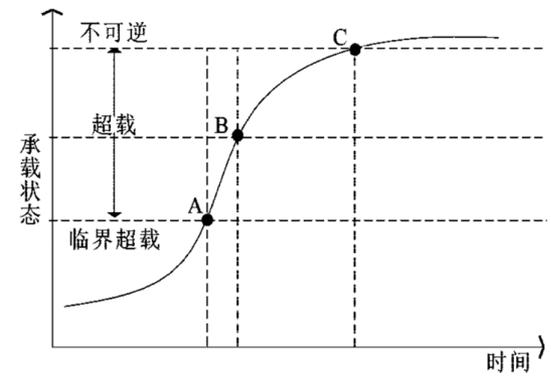


核心：
水资源承载能力

有多少质保障的水？
可支撑多大的社会经济规模？

科学问题探索点：
阈值？

- 1) 水资源红线 (水资源总量, ...)
- 2) 最低用水效率/水的生产率 ...
- 3) 生态红线 (生态流量保证率...)
- ...



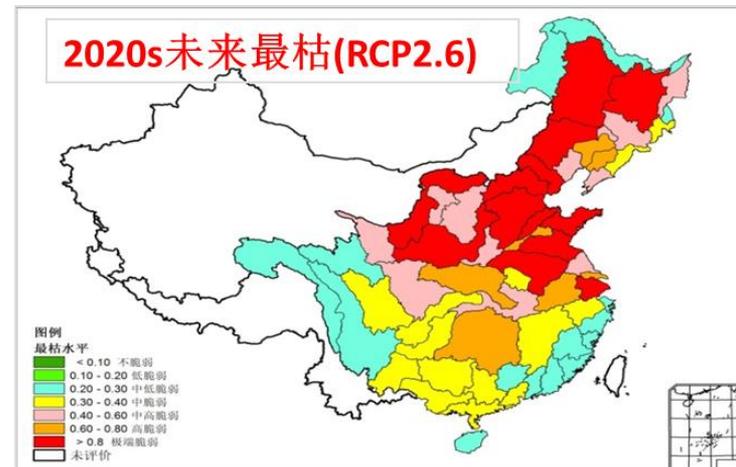
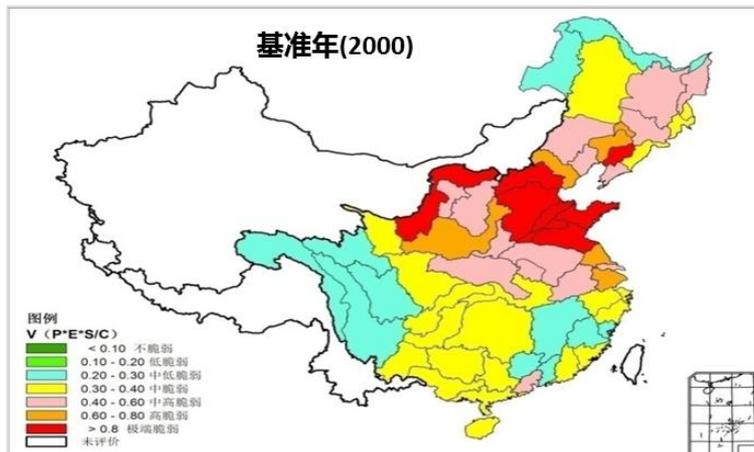
需要研究：

1) 联系跨流域地理分异、人口分布、经济财产分布以及水灾害等影响的科学描述供需矛盾指标：

暴露度
敏感性
抗压性

风险集成的

水资源脆弱性

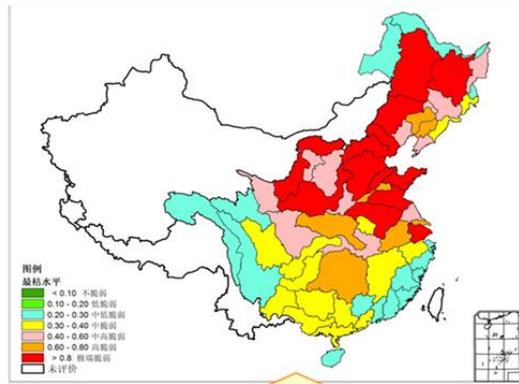


中国八大流域水资源脆弱性现状 未来气候变化中国八大流域不利的水资源脆弱性

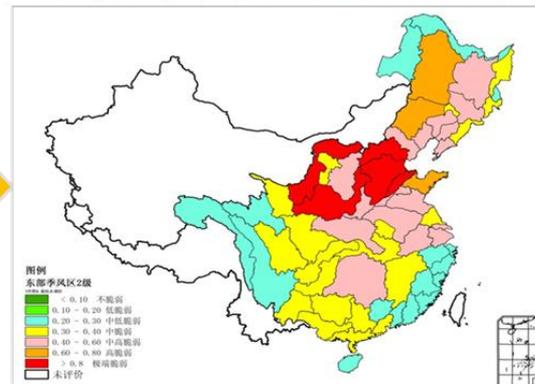
需要研究：

3) 要分析判断配置后与不配置不同规划途径之间的差别和效果

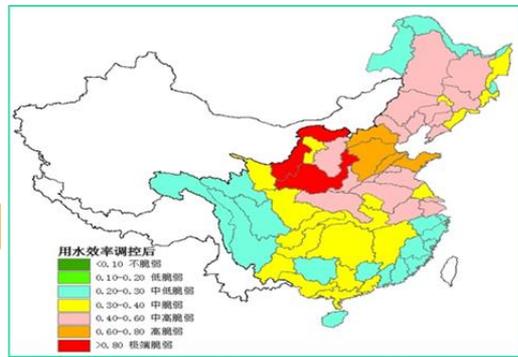
Most unfavorable condition



Control of total water use



Comparison



Control of total waste water load

Control of lower water use efficiency

需要研究：

4) 要研究与承载能力评估和科学配置战略配套的 监控、政策与后评估管理系统

因为“国家水资源承载能力及战略配置”是个典型的受水循环和社会经济发展驱动的“**社会-经济-自然**”复合系统，需要**水文学、水资源学、生态学、社会学、经济学**的深度交叉！

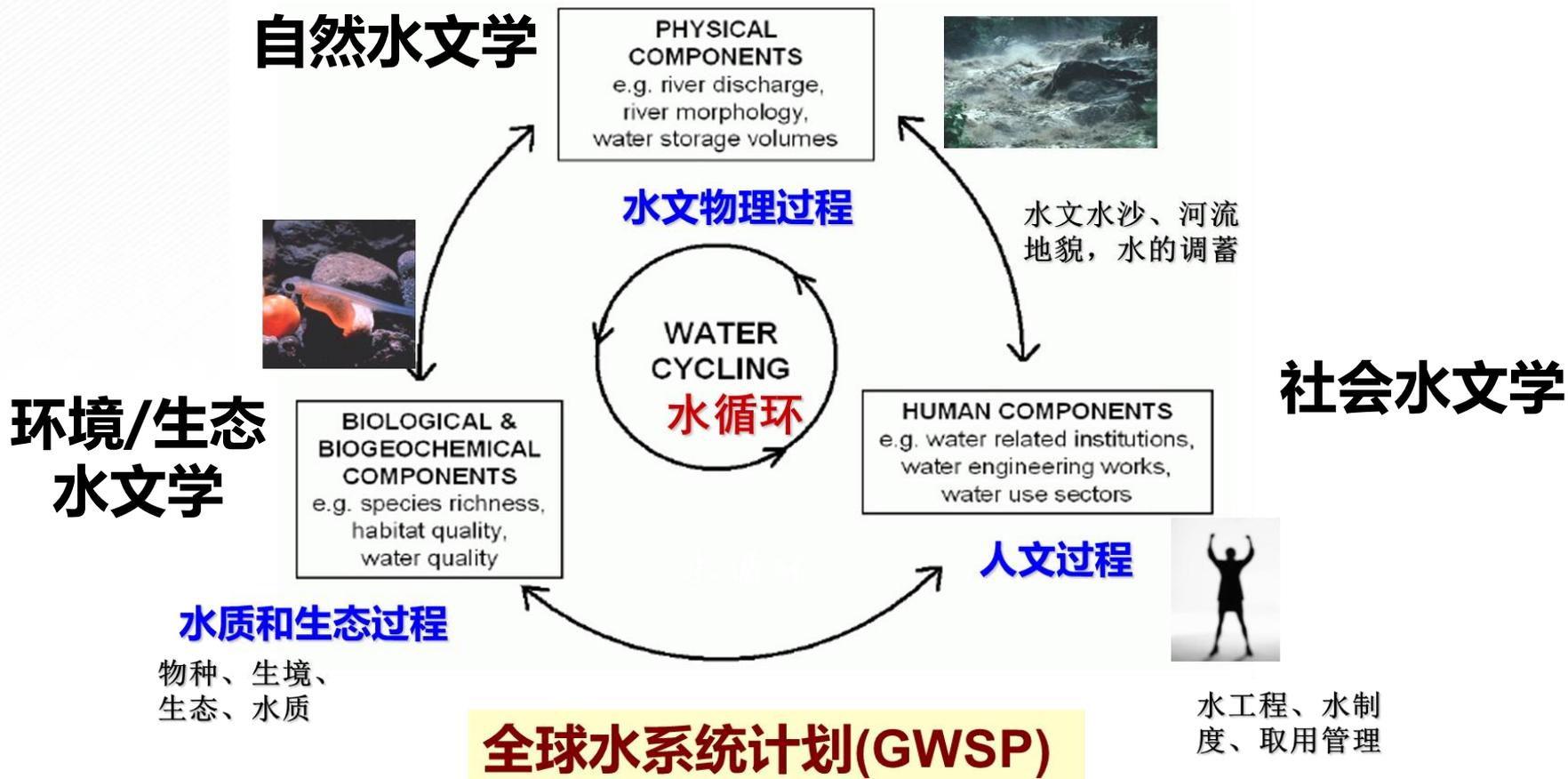
- ◆ 需要了解、学习**地球科学和水系统科学**知识
- ◆ 发展有**中国自己特色和本源**的新理论与新方法

变化环境下水安全问题联系的水系统科学



Global Water Systems Project
Open Science Conference

7-9 OCTOBER 2003



基础与核心：水文学

认知中国水问题与水危机

破解中国和全球的水问题：不仅需要水科学基础知识发展，而且需要跨学科及交叉学科的创新

自然科学
社会科学

国际水文科学(IAHS)新的十年科学计划

From **PUB** to **Panta Rhei**
IAHS' perspective on Water Resources Research

The IAHS Science Initiative 2013-2022
The result of a worldwide consultation

A Science initiative of the International Association of Hydrological Sciences

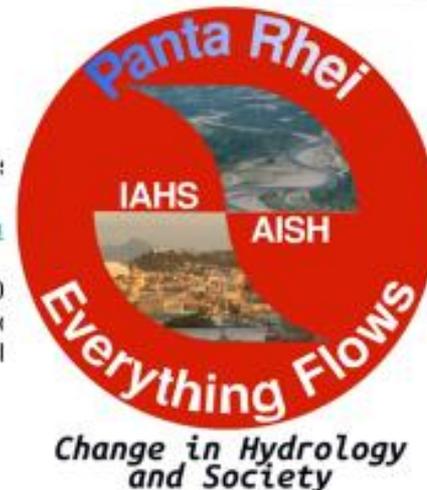


IAHS Task Force lead by:
Alberto Montanari

World-wide consultation process:

<http://distart119.ing.unibo.it/iah>

About 32000 single visits in 20
About 60 comments by 36 diff
A long series of personal email



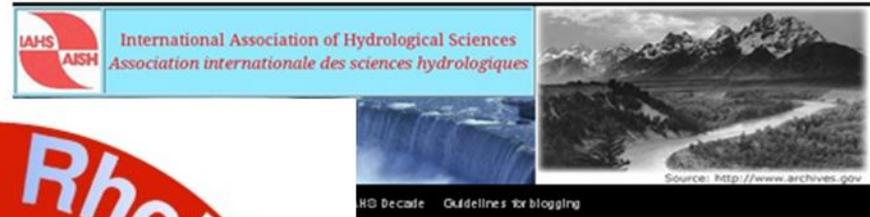
国际水文科学(IAHS)新的十年科学计划

水文科学 (Panta Rhei) → 社会水文学

The IAHS Science Initiative 2013-2022 The result of a worldwide consultation

A Science Initiative of the International Association of Hydrological Sciences

Open discussion on the next 10 years of research in Hydrology

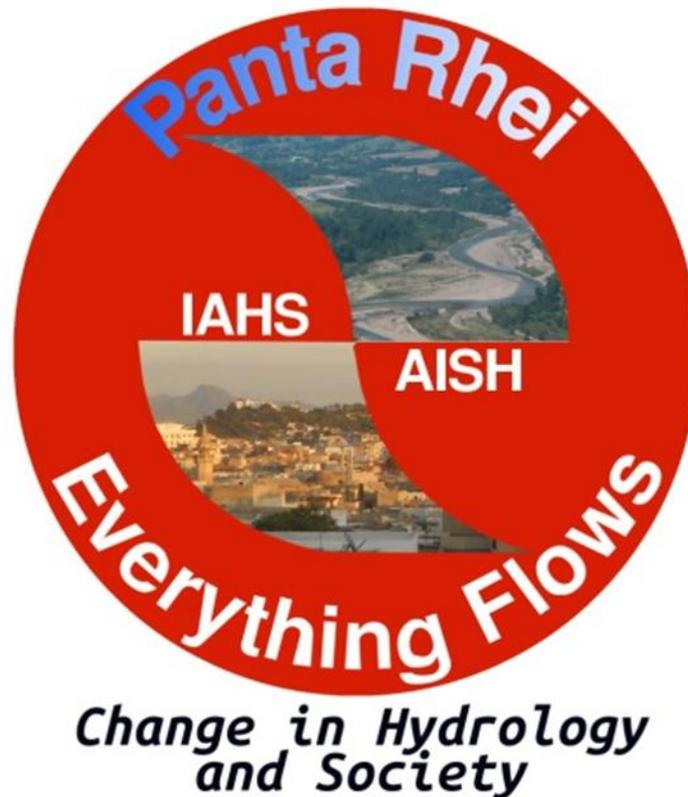


IAHS Task Force lead by:
Alberto Montanari

World-wide consultation process

<http://distart119.ing.unibo.it/iahs>

About 32000 single visits in 2013
About 60 comments by 36 different people
A long series of personal email exchanges



Science Plan for the New Decade
Leave a comment!
[Please read the instructions first](#)

Decade of IAHS
2013-2022

Panta Rhei

Ready to start!

Version of the Science Plan

presenting Panta Rhei
(in the International Association of Hydrological Sciences Journal)

Website of Panta Rhei
(to be launched soon)

Become a Member of IAHS
Click [here](#) to become a member of IAHS (free of charge)

Leave a Comment
Click [here](#) to add a comment to the discussion on the new Science Initiative of IAHS

Contact the moderator
Click [here](#) to send an email to the moderator

July 2013

M	T	W	T	F	S	S
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28
29	30	31				

« Nov

Blog Sections
Select Category

- Recent Comments
- Manfred Odenovic on The Science Plan of the IAHS Decade 2013 - 2022
 - David Green on The Science Plan of the IAHS Decade 2013 - 2022
 - Sylvain Gosselin on The Science Plan of the IAHS Decade 2013 - 2022
 - Claus Harman and Sally

国际水文科学(IAHS)新的十年科学计划

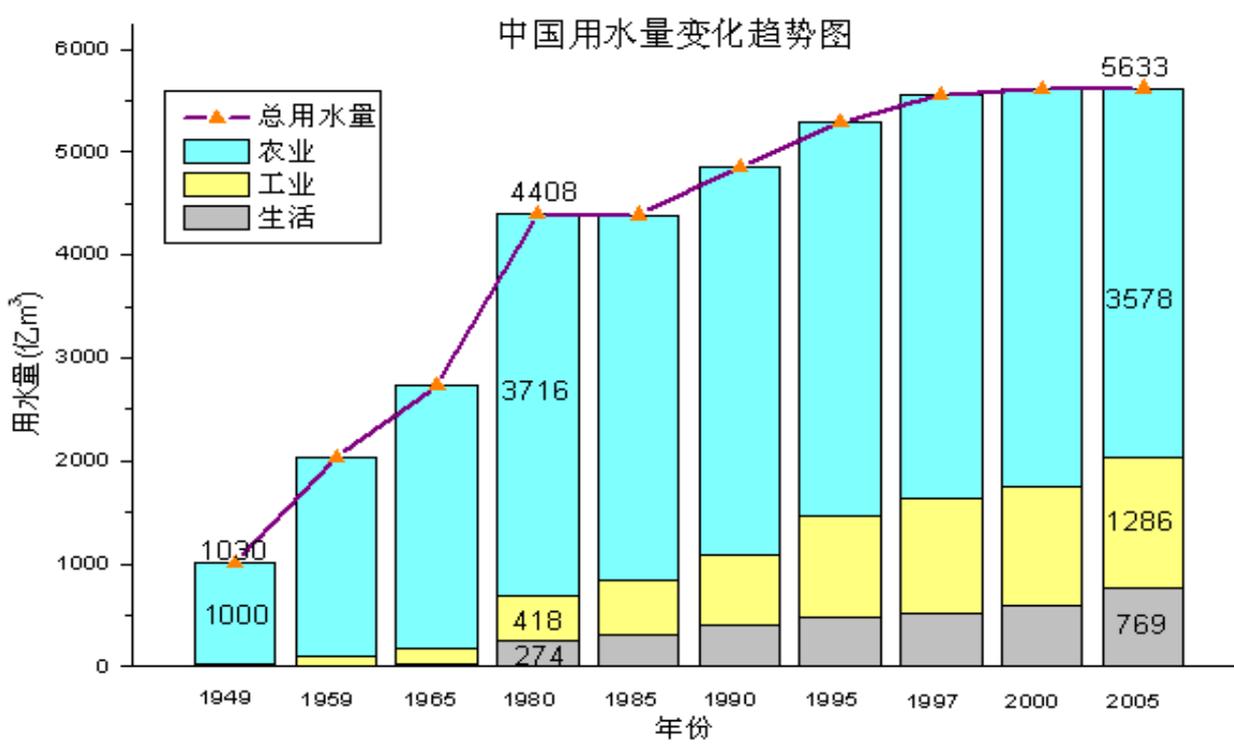
中国工作委员会成立大会

武汉, 2016.11.16



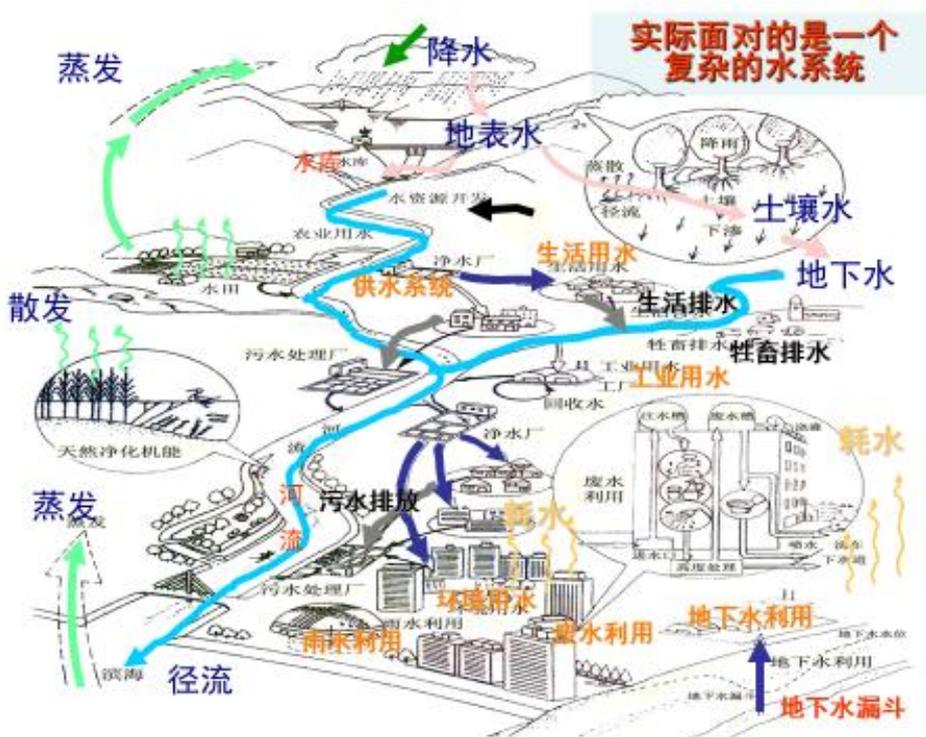
三、提高承载能力的几点建议

观点一：全社会节水战略是应对中国水危机、保障水安全的唯一的必经之路，



建议加速推进节水型社会建设和全社会节水战略

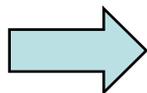
1) 保障水安全需要依靠科技创新、 尤其中国自主创新水平的提高！



建议大力加强针对农业、城市、工业和生态水高效利用科技创新与革命！

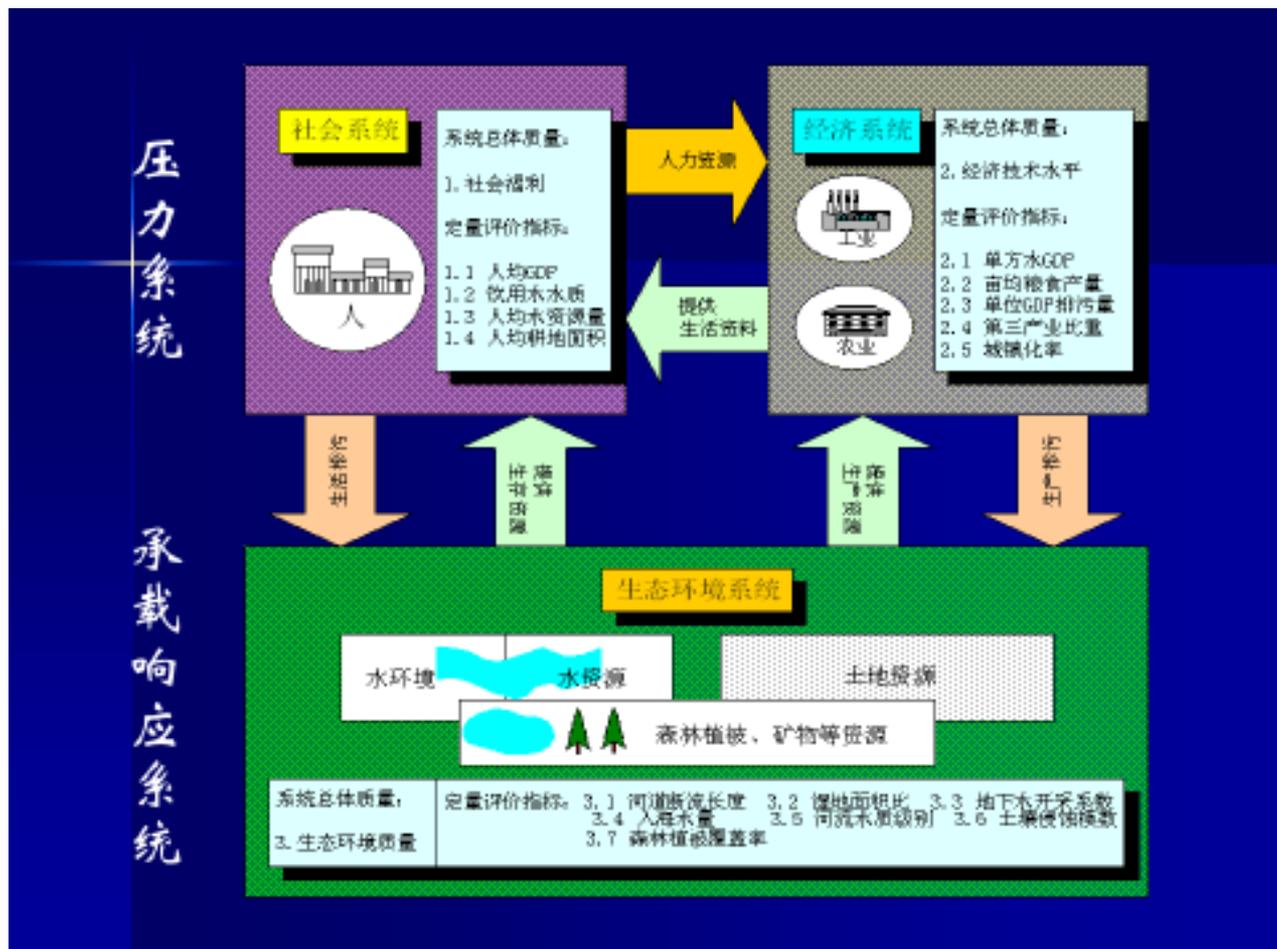
要求科学技术创新与现代化管理结合 发挥综合技术效益

切入点



- 农业水资源高效利用
- 低耗少(无)水卫生生活节水技术
- 城市水的再循环利用
- 地下水超采控制与修复
- 雨水利用/中水再生利用
- 海水淡化/苦咸水淡化
- 先进环保的蓄水调水技术
- 其他

2) 要加强资源环境承载能力的理论与模型方法的应用研究与检验



- ◆ 指标体系
- ◆ 计量模型
- ◆ 评估目标
- ◆ 系统分解
- ◆ 系统耦合
- ◆ 关键阈值
- ◆ 合理分析
- ◆ 应用检验

淮河流域水环境

综合承载能力及调控对策

www.wjcn.com

夏军 程绪水 左其亭 姜永生 万 一 著

科学出版社
www.sciencep.com

现代水资源环境保理论与实践丛书



城市水资源承载能力

— 理论·方法·应用

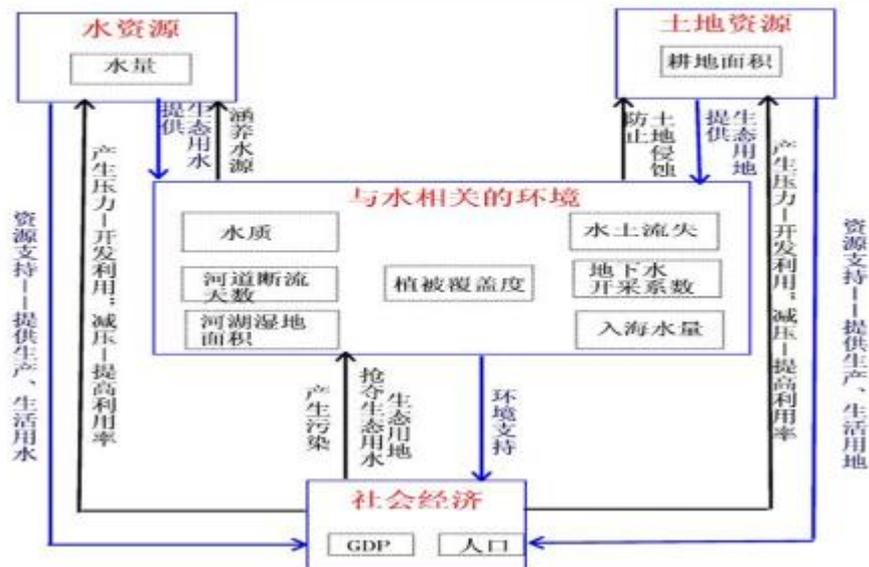
左其亭 等著

化学工业出版社
环境科学与工程出版中心

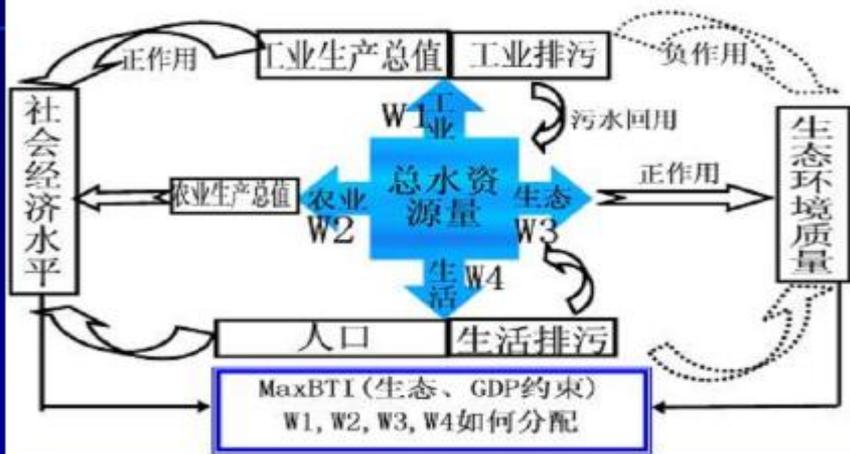
1、承载能力量化指标体系



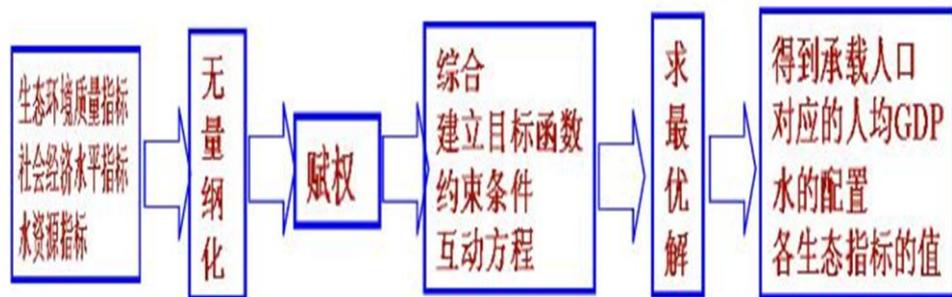
水资源以及与水相关的‘环境-社会经济’ 互动关系



流域行业水生态环境优化方案流程



多阶段、多目标综合优化法



观点二：实现中国水可持续利用，水管理的体制与制度创新至关重要！

- 我国涉水部门多，但尚无全国层面的**节水法律法规**，节水工作缺乏强有力法律法规保障
- **取用水监管能力不足，取用水量计量与监控设施建设滞后，城镇和工业取水计量率不到70%，农业灌溉用水取水口计量率不到50%**
- **水的可持续利用宣传教育不够，缺少认识国家水危机的意识**



地表水
城市水

地下水
农业水

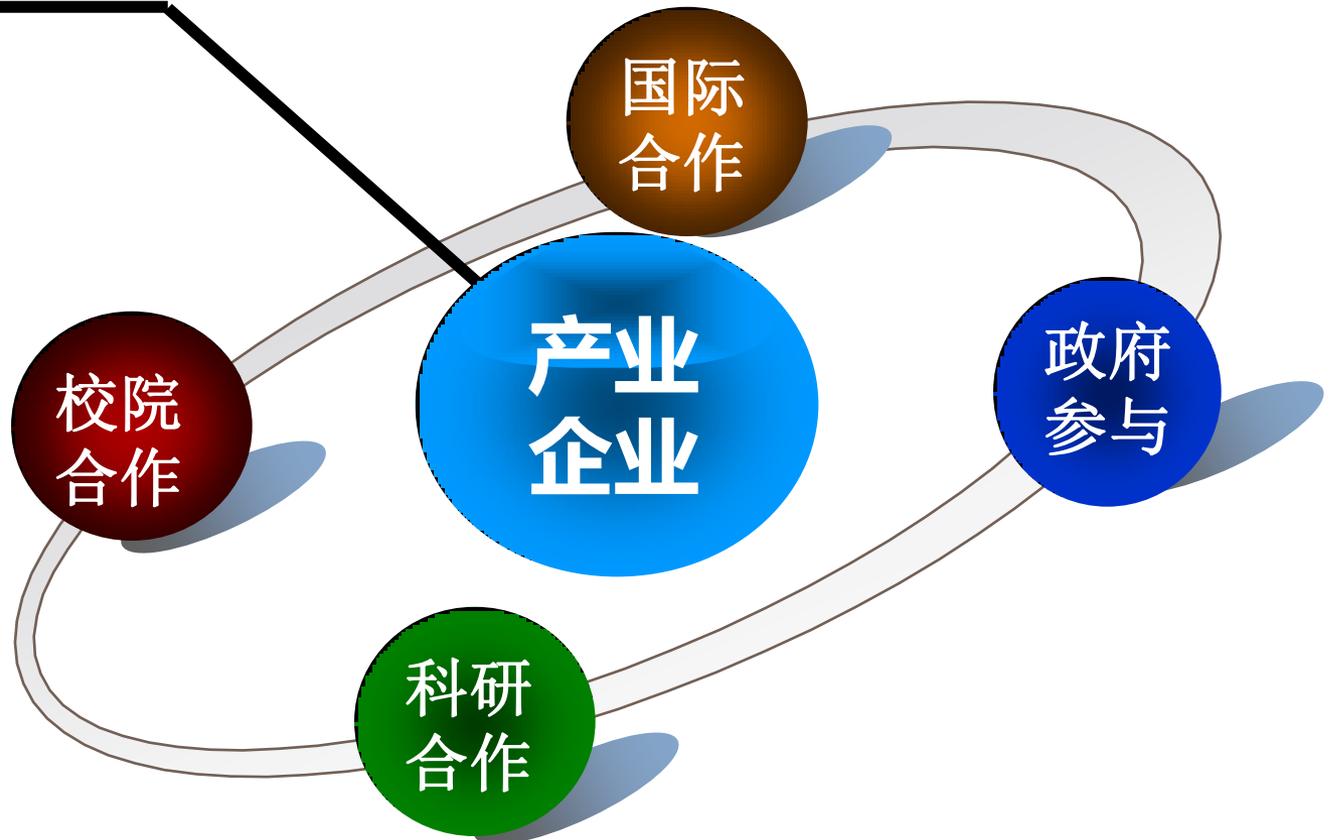
多部门涉水，缺少节水
管理法规、计量与监督



有效途径

“产、学、研、用、政”协同与联合的 中国水安全科技创新联盟

- ◆ 城市水
- ◆ 农业水
- ◆ 环境水
- ◆ 生态水
- ◆ 流域水
- ◆ 国际河流

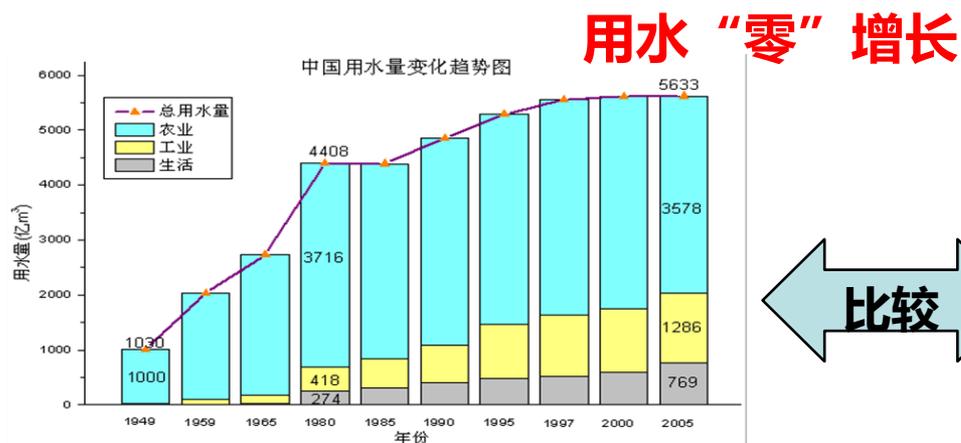


建议尽快制定国家水安全中长期规划和战略路线图

从我国国情和发达国家的水管理经验教训看，以**2020年**维持“零”增长，**2030-2050年**逐步实现“负”增长为总体目标，制定我国水安全战略科技路线图

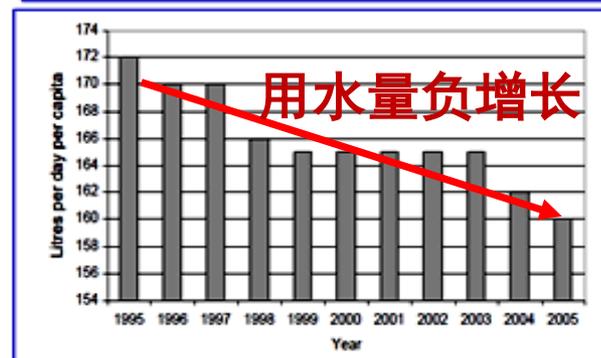
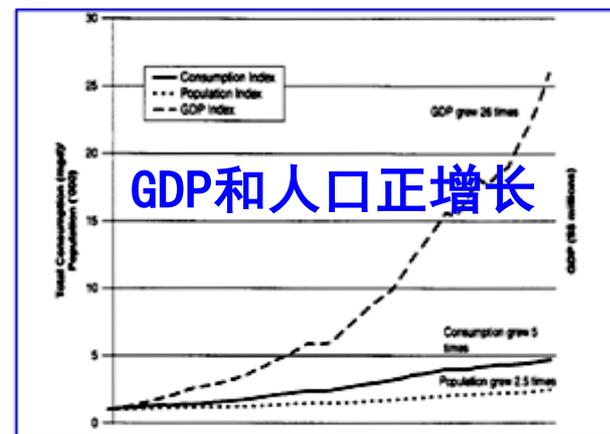
既要维系经济可持续发展，又要减少耗用水的增长

出路：节水战略+科技创新+制度改革
提高单位水资源的生产力
Water Productivity



我国的各行业用水现状与发展态势

新加坡经济发展与用水增长的关系



观点三 教育为本，道德为先

建议积极推动节约水资源、保护环境、生态文明建设的公共教育与宣传

实现全民教育、全民行动

- ◆ 建议设立中国节约水资源、保护生态环境的**科普教育基金**，从孩子们教育入手，将**水情、节水、环境保护教育**纳入国民素质教育体系
- ◆ 加强先进单位和个人**奖励制度**树立**先进典型**
- ◆ 形成全社会生态文明的**良好风尚**使之为**全民自觉行动**，共同形成**全民合力**



**为实现水美中国的水治理、
为华夏子孙后代留下清洁水
的水安全战略目标**

一起努力、奉献与奋斗！



谢谢!

