



华北水利水电大学

North China University of Water Resources and Electric Power



# 缺水型河流 生态修复理论、技术及应用

刘俊国

华北水利水电大学 教授

河南省水圈与流域水安全重点实验室 主任

黄河实验室（河南） 副主任

# 汇报提纲

一

全球水危机与河流生态退化

二

三维水资源短缺理论

三

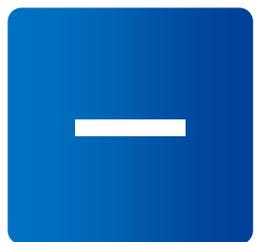
渐进式生态修复模式

四

永定河生态修复案例

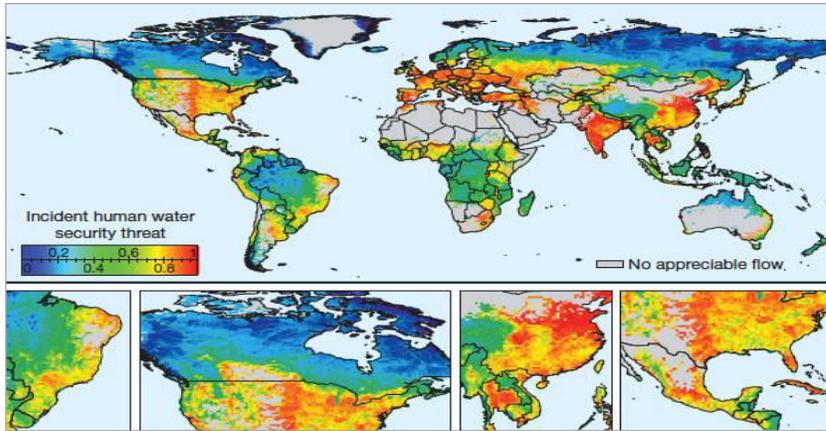
五

茅洲河生态修复案例



# 全球水危机与河流生态退化

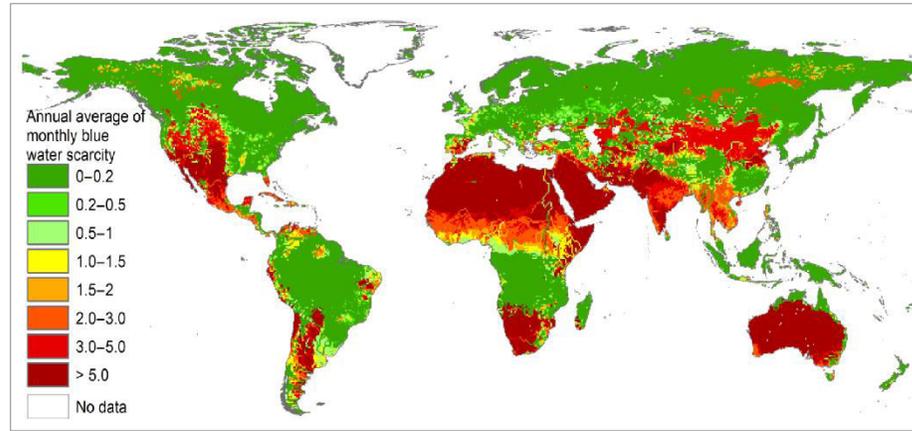
# 全球水资源问题



全球48亿人口面临水安全威胁

*Nature* 467 (2010) : 555-561

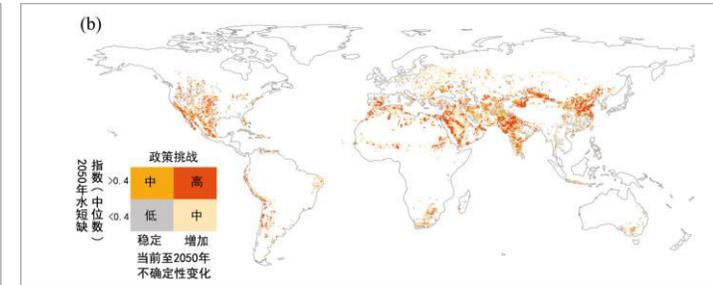
*Science* 352 (2016) : 928-933



20-40亿人口面临水资源短缺问题

*Nature* 557 (2018) : 651-659

*Science Advances* 2 (2016) : e1500323



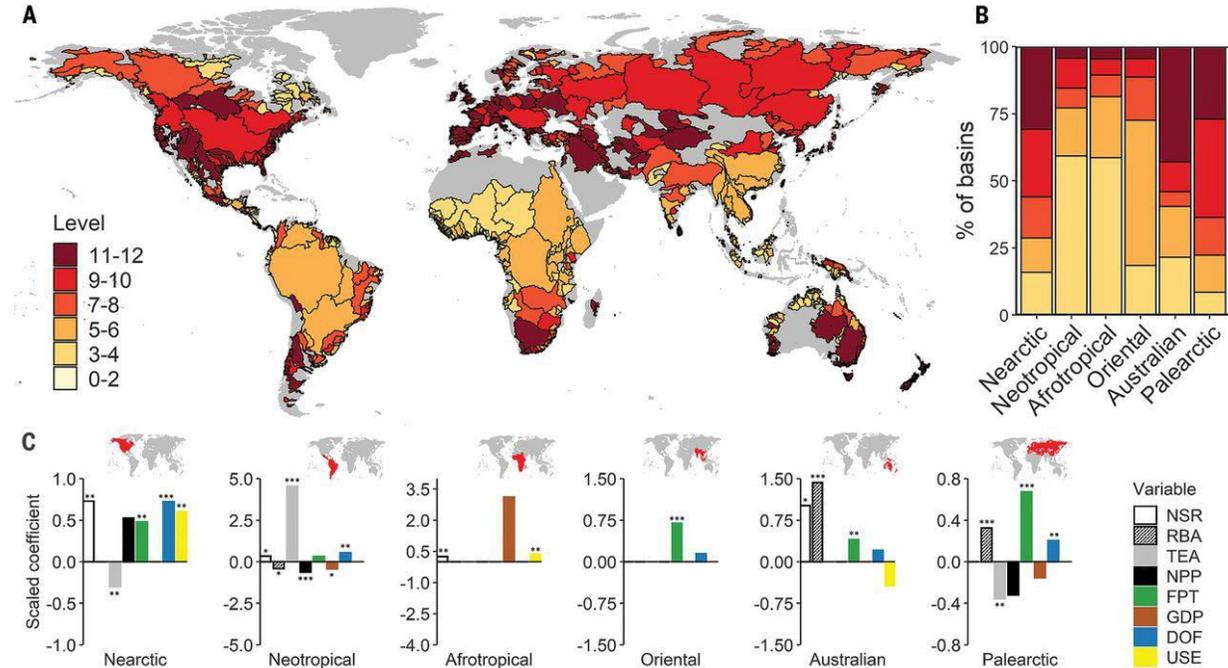
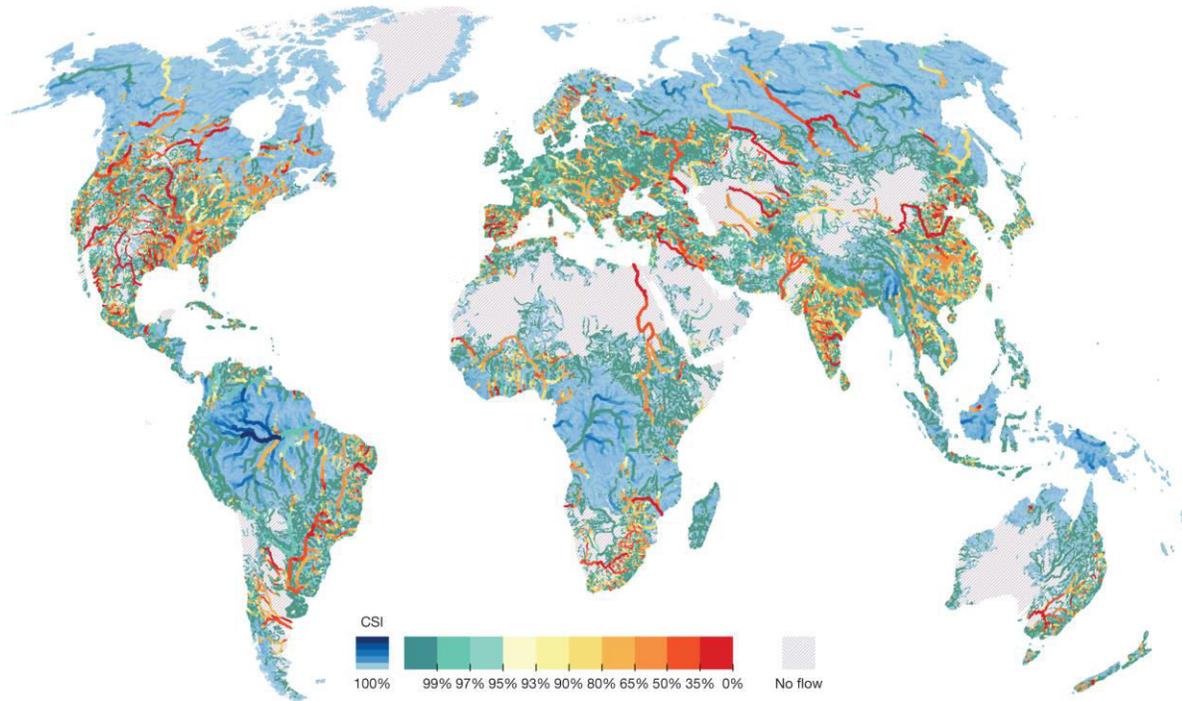
约40亿人每年至少一个月  
遭受严重水资源短缺威胁

IPCC (2022)



水资源危机被2020年世界经济论坛认为是  
“全球最大的社会风险”，直接影响国家安全

# 全球河流生态退化



全球**48%**的河流因不同程度的连通性减弱而受损

*Nature* 569 (2019) : 215-221

全球**> 50%**河流的生物多样性发生显著变化，覆盖**> 40%**大陆面积和超过**> 37%**河长

*Science* 371 (2021) : 835-838

# “联合国生态系统恢复十年” (2021-2030)倡议

“联合国生态系统恢复十年”倡议为创造就业岗位、确保粮食安全和应对气候变化提供前所未有的机遇



开发署中国办事处图片 | 大兴安岭地处中国最北端，拥有大片寒温带森林，奔腾的河流与广阔的湿地，其生物多样性和独特的森林生态系统



## 相关新闻



环境政策应以科学为基础——专访北京大学环境科学教授黄艺



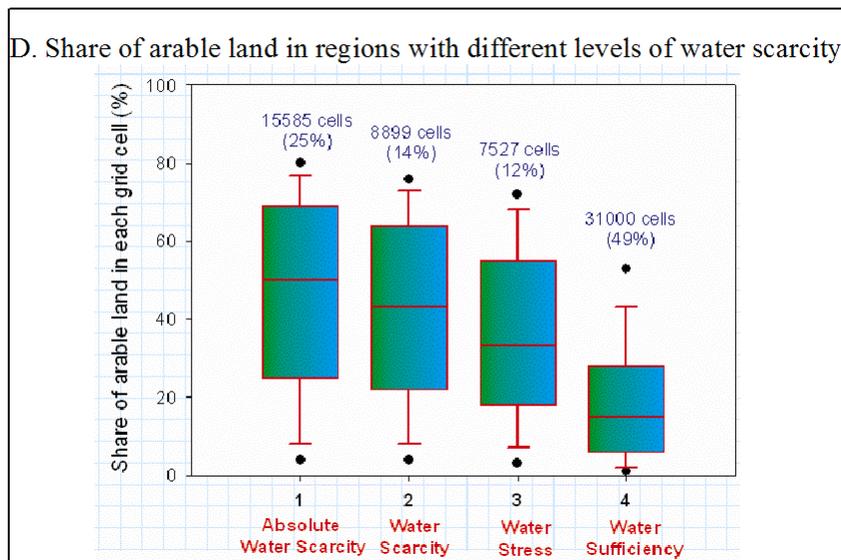
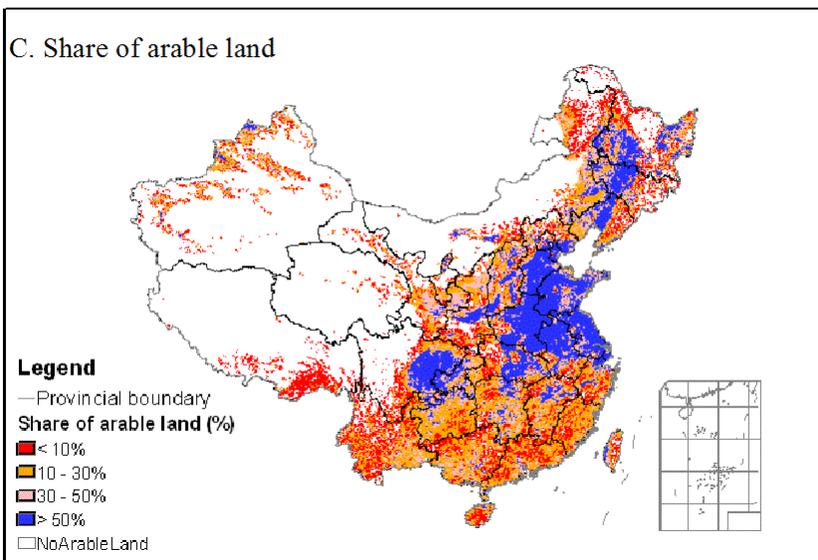
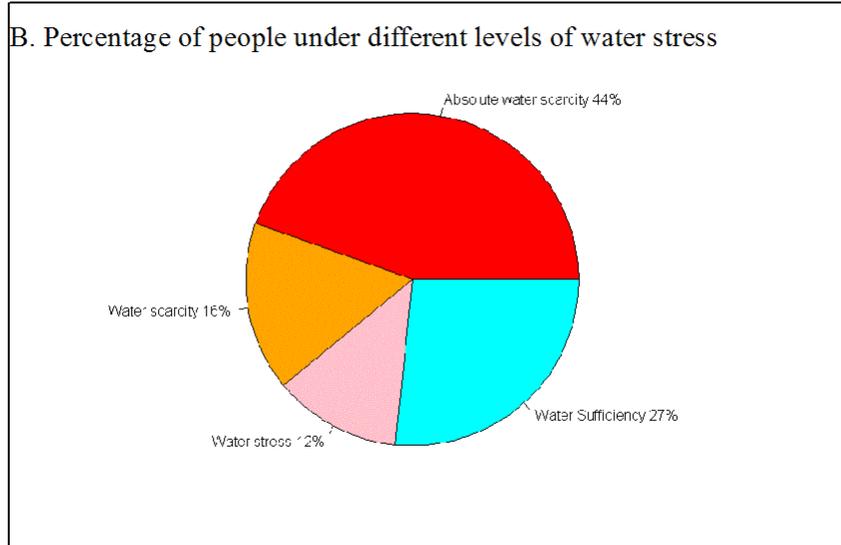
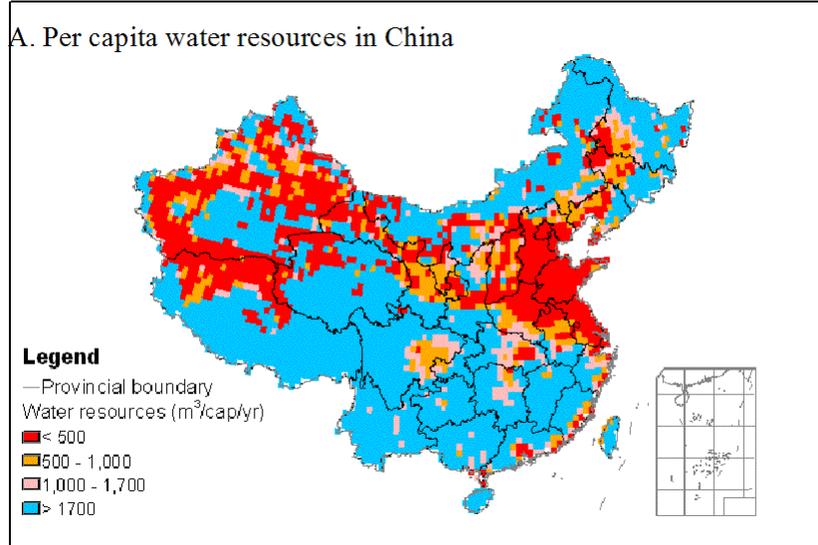
联合国常务副秘书长呼吁私营部门为建立韧性和包容性社会做出应有贡献



联合国贸发会议：提高工人技能并提供体面工作机会将有助于减少90个发展中国家对初级商品出口的依赖

2019年3月1日，联合国大会宣布了“联合国生态系统恢复十年”倡议，以大规模地开展恢复退化和遭破坏生态系统的工作。恢复生态系统这一举措已被证实能够有效应对气候危机和改善粮食安全、用水供应和生物多样性

# 水资源短缺：黄河流域生态保护和高质量发展主要瓶颈



**黄河流域水资源量仅占全国的2%，却承担着全国15%耕地面积和12%人口的供水任务，人均水资源量仅有408立方米，为全国的1/5**

**最大的矛盾是水资源短缺  
最大的问题是生态脆弱**

# 全国重要生态系统保护和修复总体规划



中华人民共和国国家发展和改革委员会  
National Development and Reform Commission

热门搜索：油价 债

请输入关键字

首页

机构设置

新闻动态

政务公开

政务服务

首页 > 政务公开 > 政策 > 通知

## 国家发展改革委 自然资源部关于印发 《全国重要生态系统保护和修复重大工程 总体规划（2021-2035年）》的通知

发改农经〔2020〕837号

**《规划》部署了9项重大工程47项重点任务，基本涵盖了全国25个重点生态功能区。**

# 水安全与生态修复国际创新团队

## 基础研究：水圈与流域水安全

- 从生态系统到全球尺度的水研究
- 水系统科学（水资源、水灾害、水生态、水环境）
- 水 - 粮食 - 能源纽带关系

## 应用研究：生态修复

- 渐进式生态修复
- 河湖生态复苏
- 水与生态修复大数据



### 立足重大需求

- 世界科技前沿
- 国家重大需求

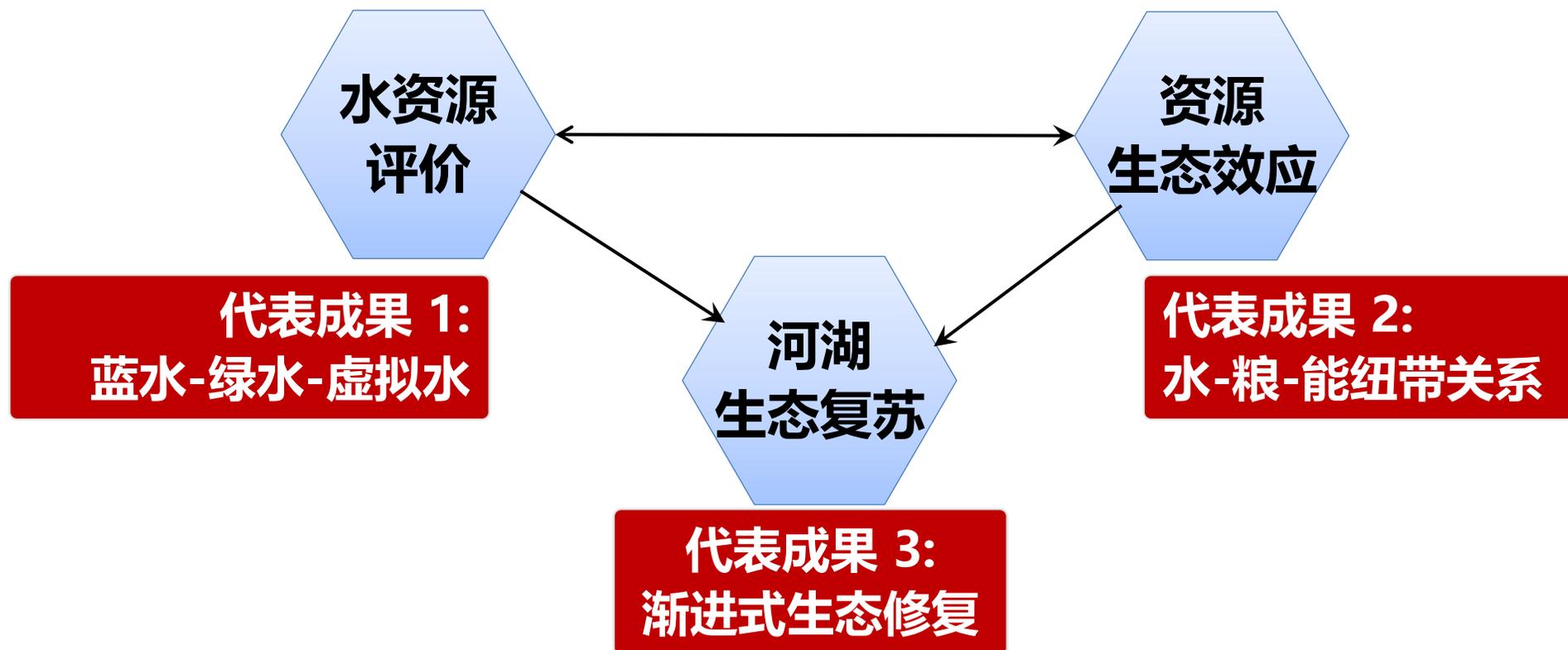
### 服务社会实践

- 流域系统治理
- 生态修复保护

全球 → 国家 → 流域 → 城市 → 生态系统

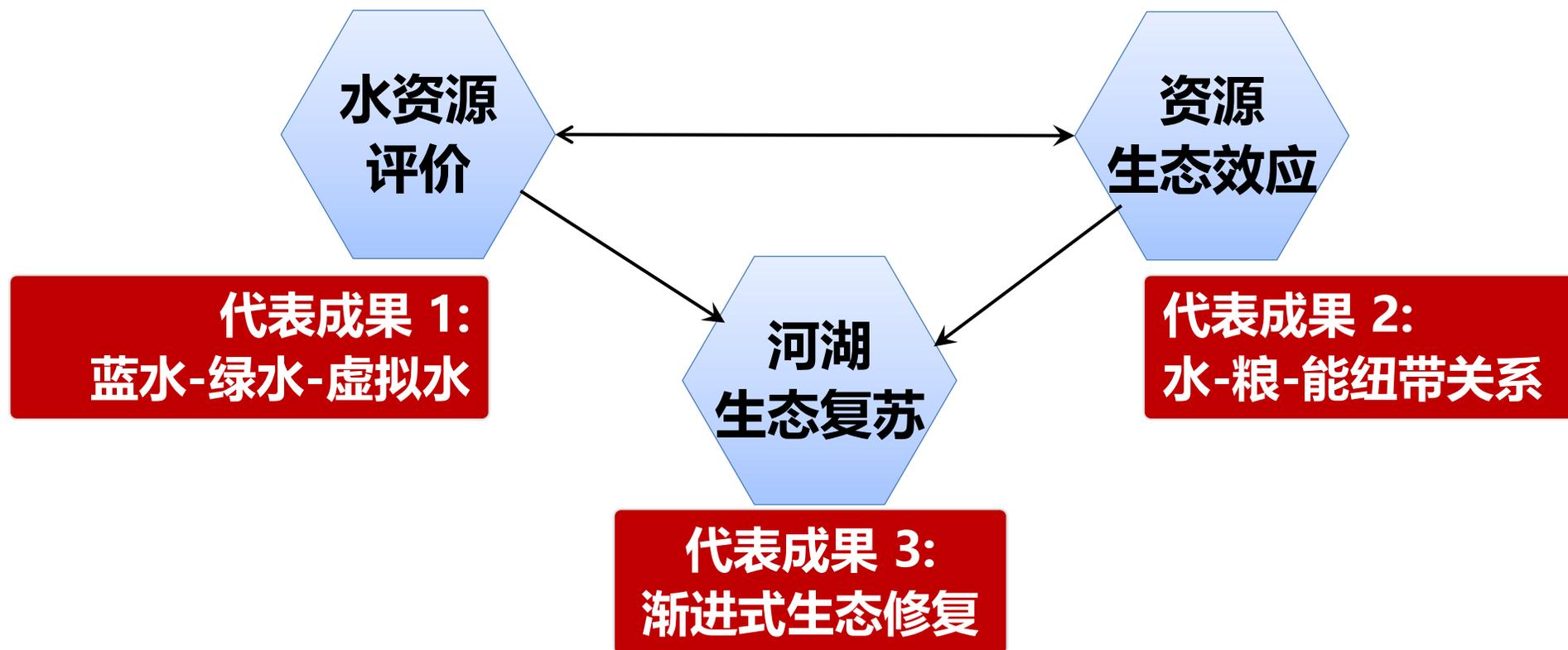
# 代表性研究成果

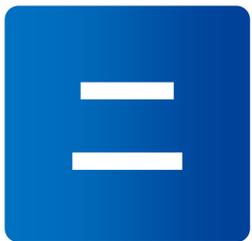
提出了“蓝水-绿水-虚拟水”复杂系统评价理论与方法，构建了应对气候变化的水-粮-能纽带关系研究框架，解决了水质型和生态型缺水难以定量核算的难题，创建了河流渐进式生态修复新模式。



# 代表性研究成果

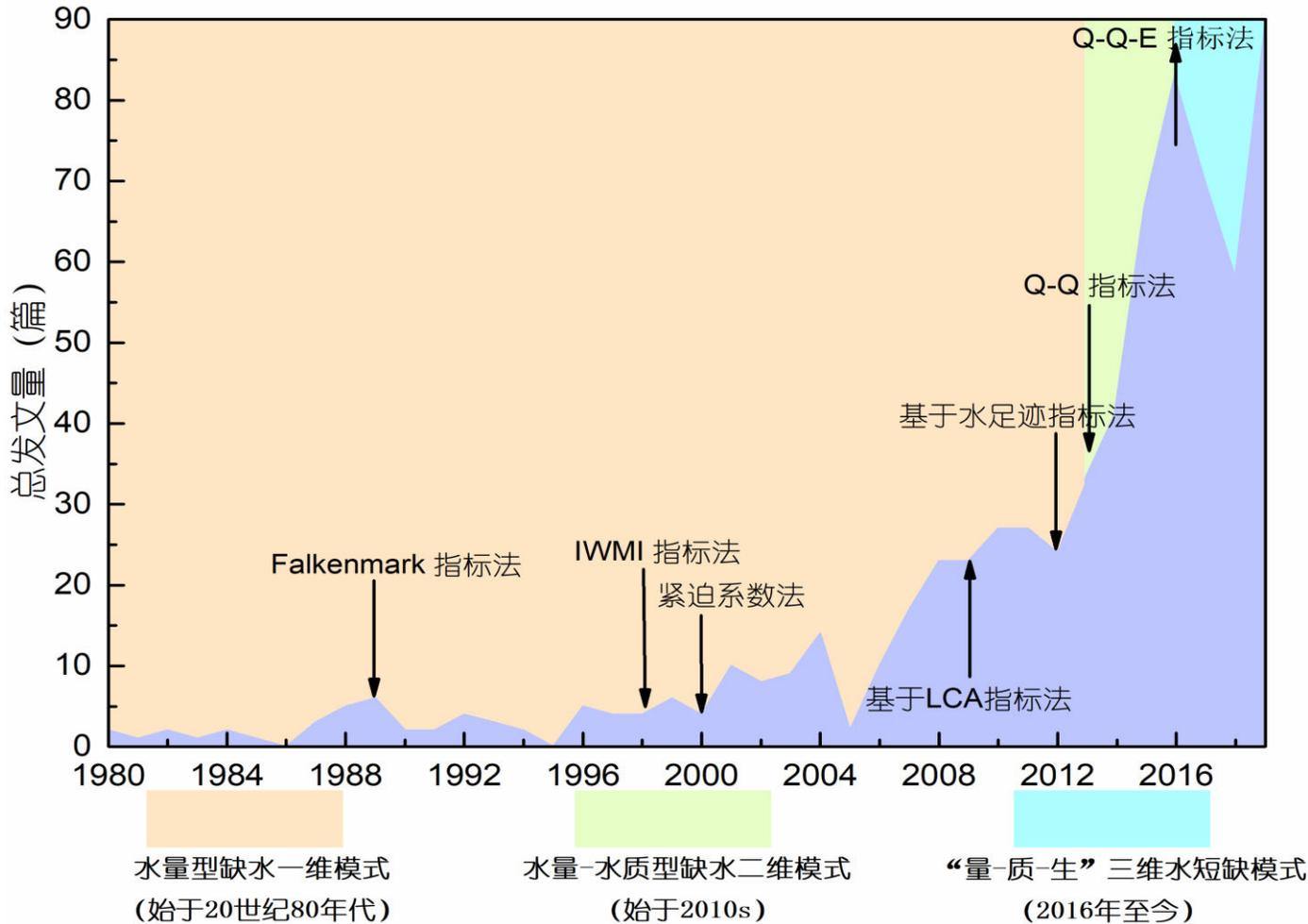
提出了“蓝水-绿水-虚拟水”复杂系统评价理论与方法，构建了应对气候变化的水-粮-能纽带关系研究框架，解决了水质型和生态型缺水难以定量核算的难题，创建了河流渐进式生态修复新模式。





# 三维水资源短缺理论

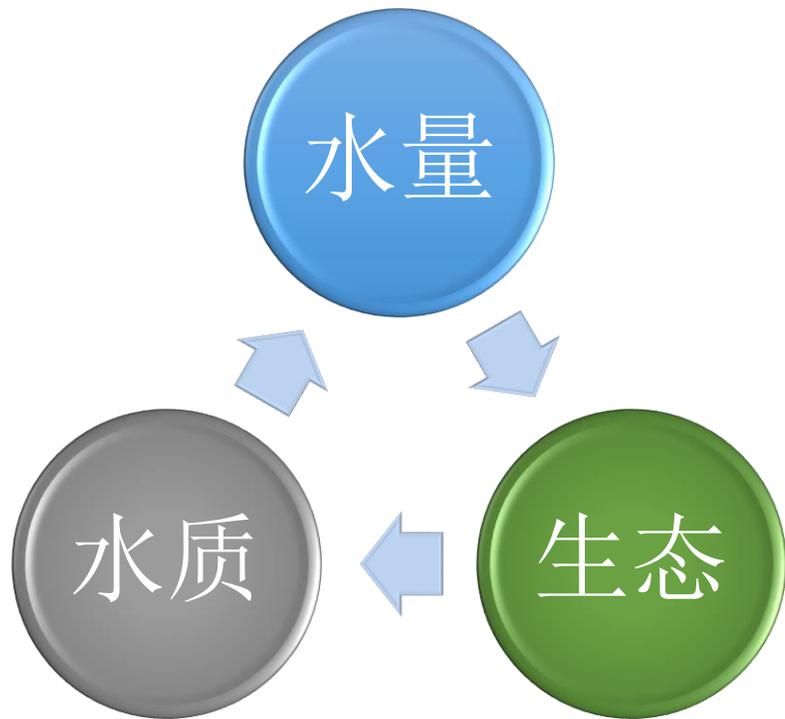
# 水资源短缺研究进展



**自1980s至今，水资源短缺研究以水量型缺水研究为主。但在高强度人类活动影响下，水质型缺水和生态系统缺水成为可持续发展的重要制约因素。水资源短缺评价需兼顾“水量-水质-生态”三个维度**

# 三维水资源短缺 (3D Water Scarcity)

**水资源短缺定义为：特定区域内水量或水质不能满足水资源需求的一种状态，这种需求可能来自社会经济部门，也可能来自自然生态系统**



**水量型缺水：水资源太少，数量不能满足人类需求**

**水质型缺水：污染物太多，水质不能满足人类需求**

**生态型缺水：人类用水太多，剥夺了生态系统用水**

刘俊国, 赵丹丹, 2020. “量-质-生”三维水资源短缺评价: 评述及展望. 《科学通报》

65(26): 4251-4261

# 生态型缺水

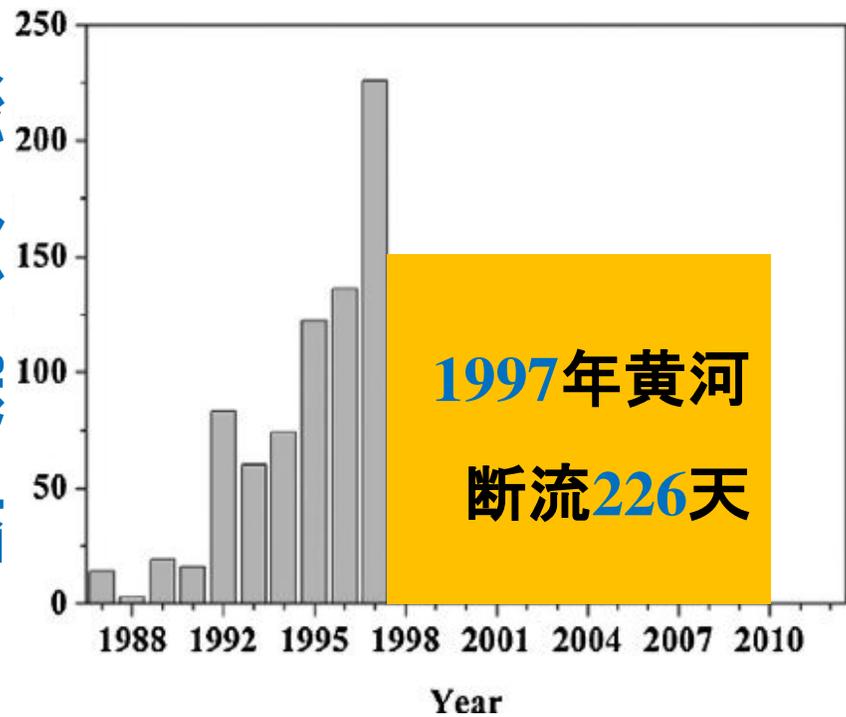


- 水短缺评价多从人类角度出发，**评价水资源能否满足人类需求**
- 水资源短缺往往导致生态系统退化
- 将生态系统缺水纳入水短缺评价是应对生态危机和开展生态修复关键

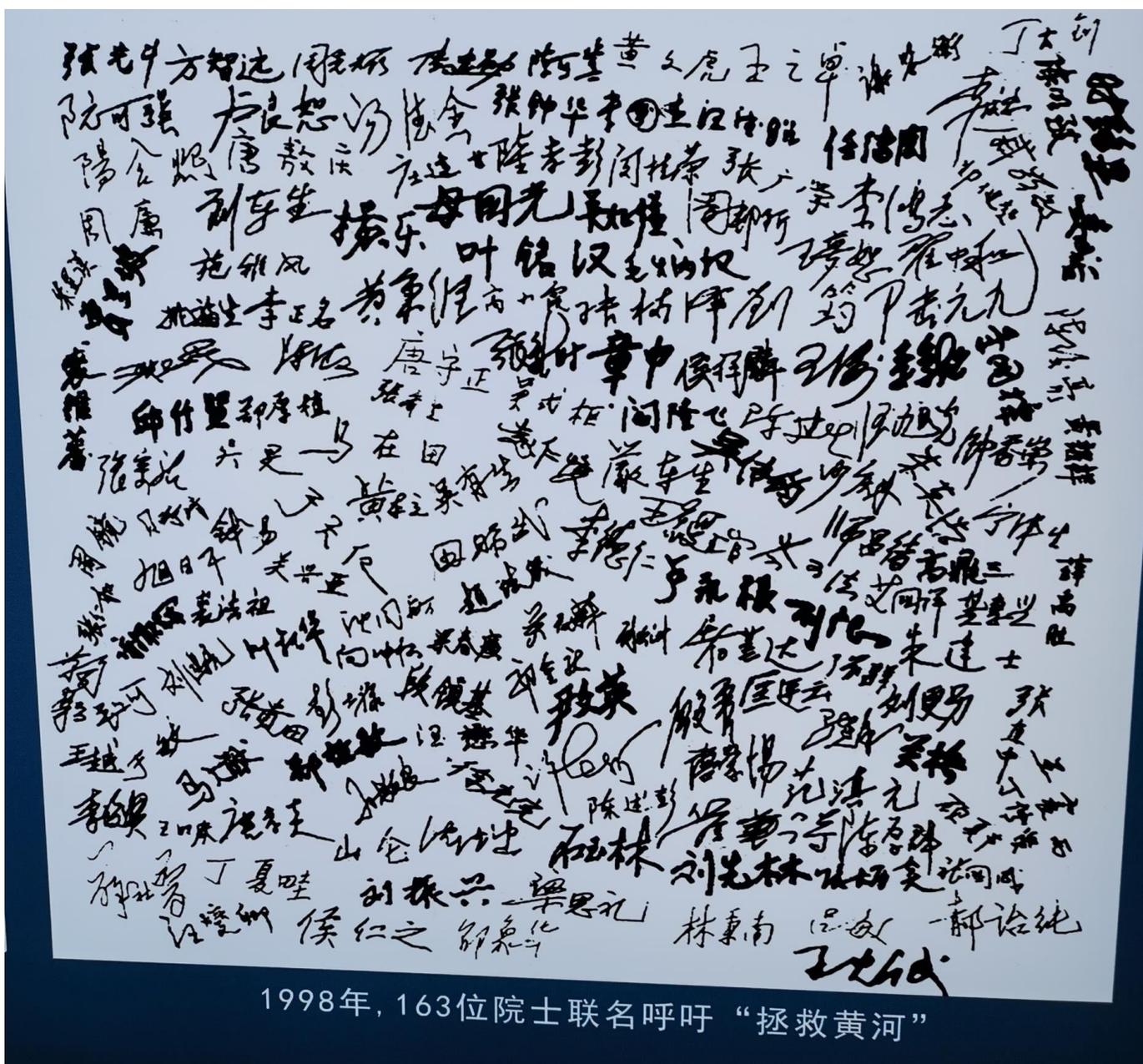
Liu J., Liu Q., Yang H., 2016. *Ecological Indicator* 60: 434-441

Liu J.\*, Zhao D., 2020. *Chinese Science Bulletin* 65 (36): 4251-4261

数  
天  
流  
断



“拯救黄河”



# “母亲河”



干涸的永定河——北京母亲河（2010年）

“墨汁河”茅洲河——  
深圳母亲河（2015年）



# 三维水资源短缺评价方法

- 营养元素循环模型
- 灰水足迹模拟方法

Liu\* et al., 2010. *PNAS* 107: 8035-8040  
Lun , Liu\*, et al. 2018. *Earth System Science Data* 10: 1-18.



Mao and Liu\*, 2019. *Geoscientific Model Development* 12: 5267-5289  
Liu\* et al., 2021. *Chinese Science Bulletin* 66 (9): 1014-1025

- 水与生态系统模拟器WAYS
- 渐进式生态修复理论
- 生态修复标准

- 水资源管理与可持续利用

Liu\*, et al., 2019. *Nature Sustainability* 2: 80-82.

Palmer\*, Liu\* et al., 2015. *Science* 349 (6248): 584-585.

Zhao, Liu\* et al., 2015. *PNAS* 112(4): 1031-1035  
Liu\*, et al., 2020. *Geography and Sustainability* 1: 8-17

- 水资源评价
- 水足迹评价方法
- 水-经济耦合模型

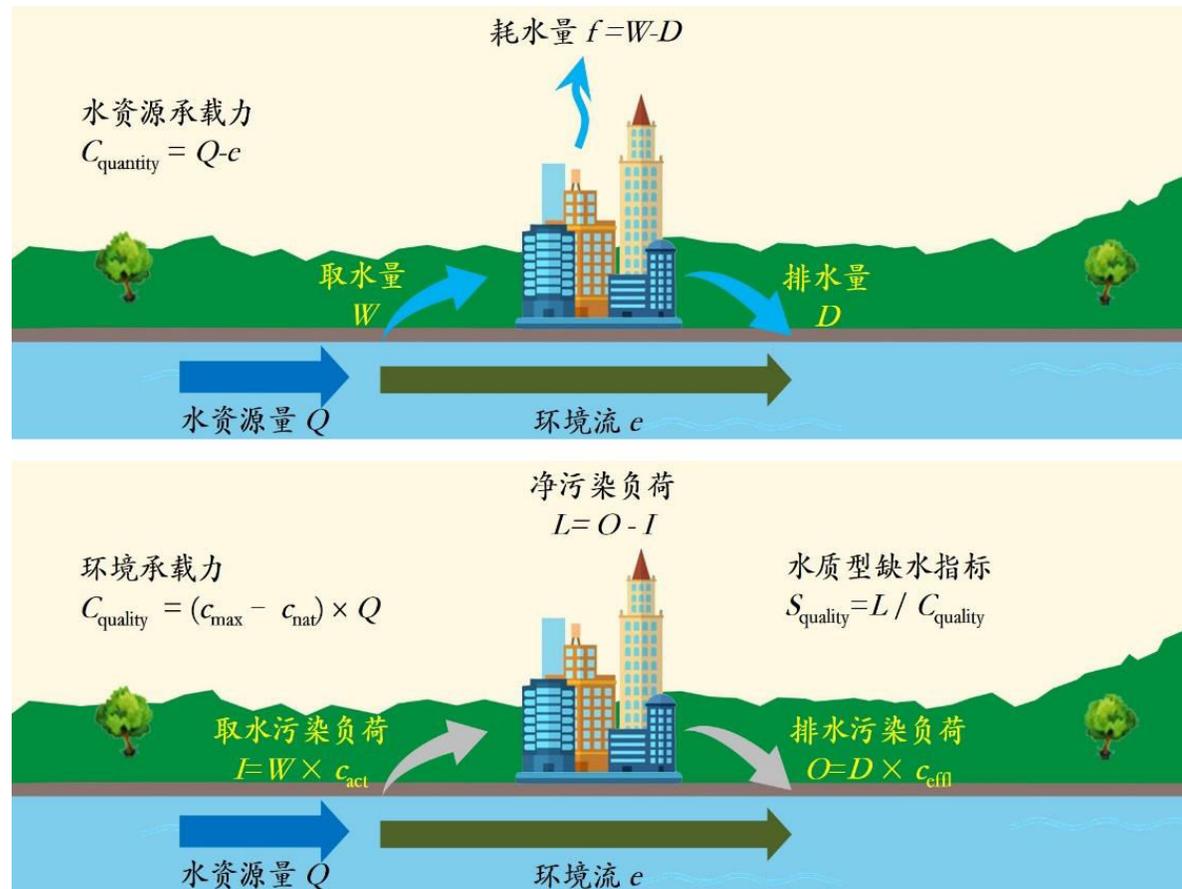


# 生态型缺水评价

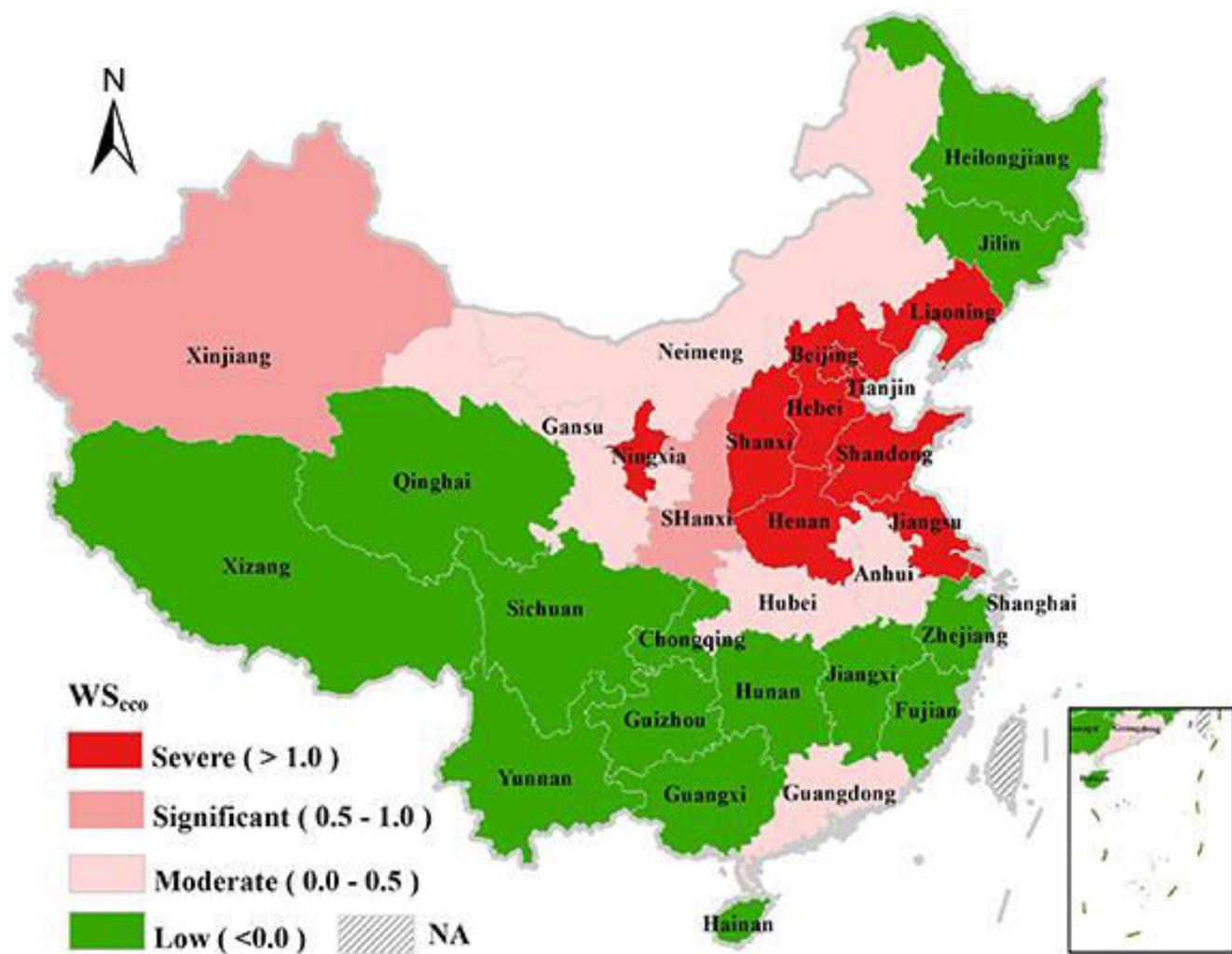
$$WS_{eco} = 1 - \frac{s}{e} = 1 - \frac{Q-f}{e}$$

**e** - 生态需水; **Q** - 水资源量; **f** - 水足迹 (人类耗水)

阈值设置	等级
$< 0$	无生态型缺水
$0 < WS_{eco} \leq 0.5$	轻度生态型缺水
$0.5 < WS_{eco} \leq 1$	中度生态型缺水
$> 1$	重度生态型缺水

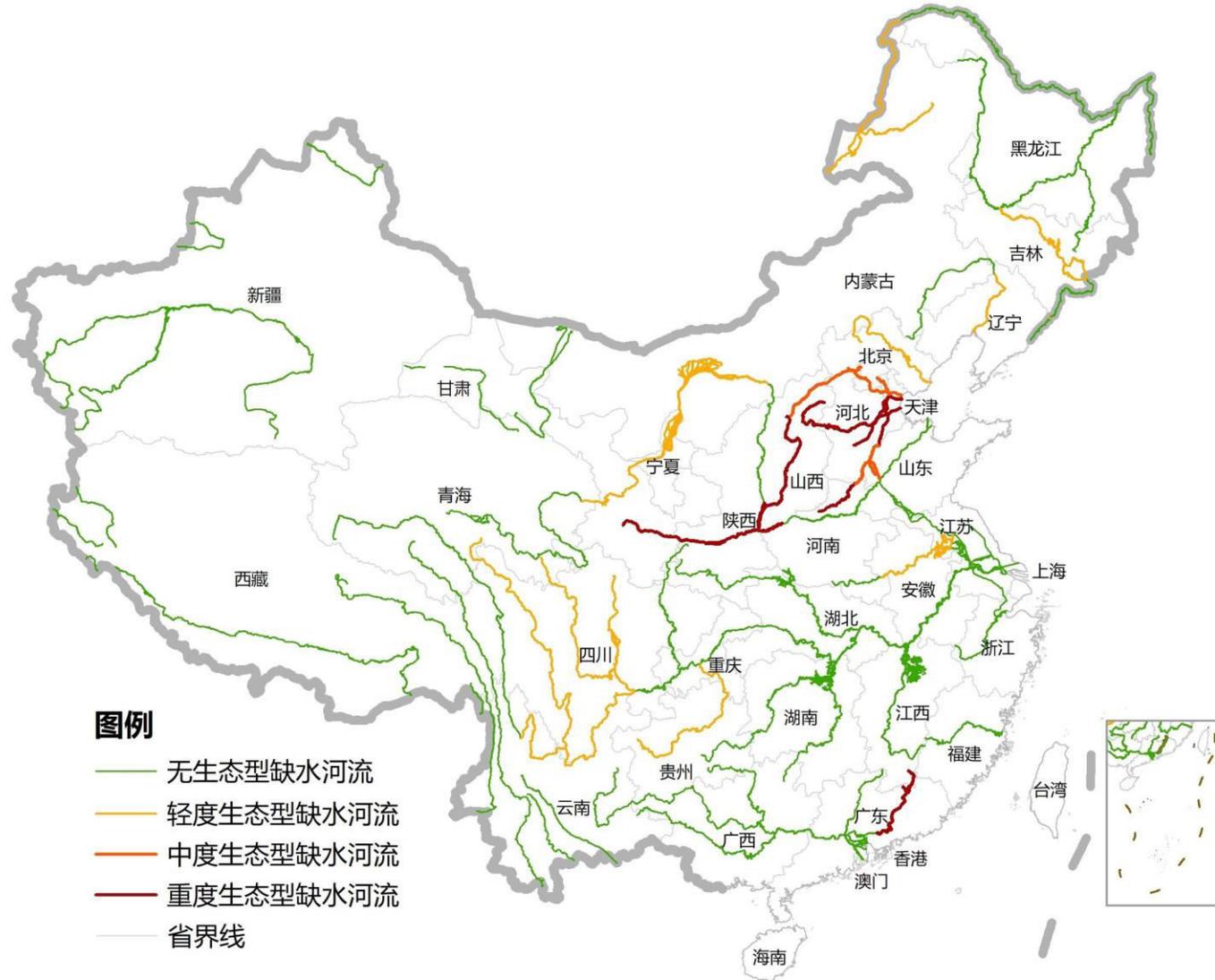


# 中国生态型缺水评价

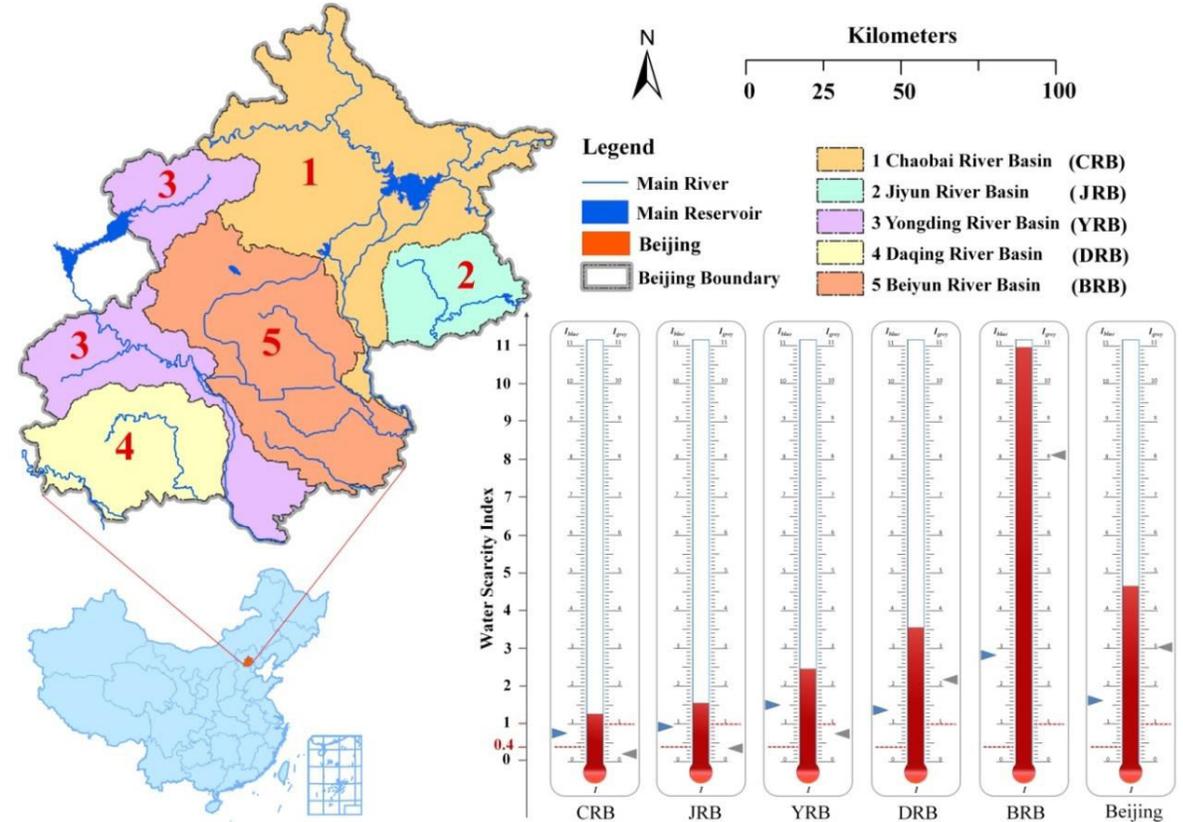
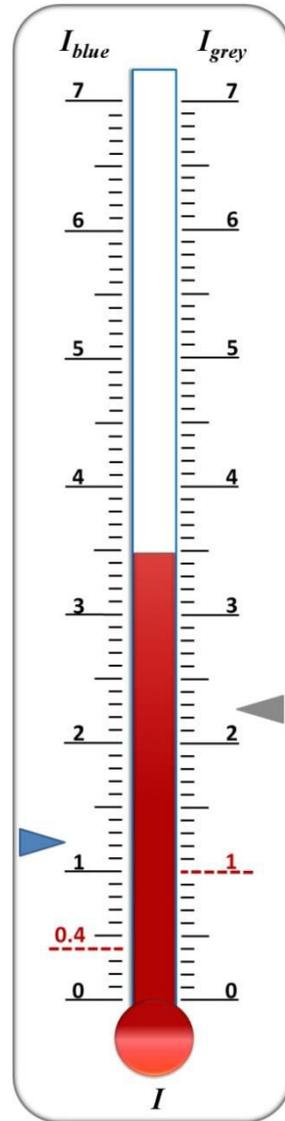


- 中国18个省具有生态型缺水问题，其中60%、30%和10%省份缺水程度分别为重度、中度和轻度
- 生态型缺水主要位于我国北方，重度缺水区包括北京、天津、河北、辽宁、山西、河南、江苏、上海和山东

# 中国生态型缺水评价



# 永定河 & 茅洲河缺水评价



- 北京 “母亲河” 永定河：水量型缺水
- 深圳 “母亲河” 茅洲河：水质型缺水
- 永定河 & 茅洲河：生态型缺水河流

Ecological Indicators 34 (2013) 441–449

Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

ELSEVIER Ecological Indicators journal homepage: www.elsevier.com/locate/ecolind

Original article

A simple approach to assess water scarcity integrating water quantity and quality

Zhao Zeng<sup>a</sup>, Junguo Liu<sup>a,\*</sup>, Hubert H.G. Savenije<sup>b</sup>

<sup>a</sup> School of Nature Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China  
<sup>b</sup> Delft University of Technology, P.O. Box 5048, 2601 DA, Delft, The Netherlands

ARTICLE INFO

Article history:  
 Received 21 November 2012  
 Received in revised form 10 May 2013  
 Accepted 15 June 2013

Keywords:  
 Water scarcity meter  
 Water scarcity index  
 Grey water footprint  
 Beijing  
 China

ABSTRACT

Water scarcity has become widespread all over the world. Current methods for water scarcity assessment are mainly based on water quantity and seldom consider water quality. Here, we develop a simple approach for assessing water scarcity considering both water quantity and quality. In this approach, a new water scarcity index is used to describe the severity of water scarcity in the form of a water scarcity meter, which may help to communicate water scarcity to a wider audience. To illustrate the approach, we analyzed the historical trend of water scarcity for Beijing city in China during 1995–2009. The results show that Beijing made a huge progress in mitigating water scarcity, and that from 1999 to 2009 the blue and grey water scarcity index decreased by 59% and 62%, respectively. These achievements were made through great efforts of water-saving measures and wastewater treatment. Despite this progress, we demonstrate that Beijing is still characterized by serious water scarcity due to both water quantity and quality. The water scarcity index remained at a high value of 3.5 with a blue and grey water scarcity index of 1.2 and 2.3 in 2009 (exceeding the thresholds of 0.4 and 1, respectively). As a result of unsustainable water use and pollution, groundwater levels continue to decline, and water quality shows a continuously deteriorating trend. To curb this trend, future water policies should further decrease water withdrawal from local sources (in particular groundwater) within Beijing, and should limit the grey water footprint below the total amount of water resources.

© 2013 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

Water is the basic natural resources for the development of human society, as well as for the survival of ecosystems (Oki and Kanae, 2006; Vörösmarty et al., 2010). With rapid socio-economic development, conflicts between water demand and supply have become more intense; water has become a bottleneck for the sustainable development of more and more countries and regions. Water scarcity assessment has become a hot research topic in the field of hydrology and water resources (Vörösmarty et al., 2000; Oki and Kanae, 2006).

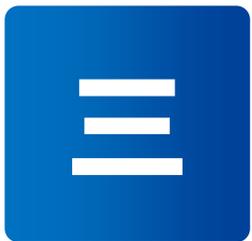
There are four main approaches for water scarcity assessment (Table 1). The Falkenmark index (Falkenmark et al., 1989), Criticality ratio (Alcamo et al., 2000) and IWMI indicator (Seckler et al., 1998) are easy to apply, but they focus on water quantity and neglect water quality and the contribution of green water (Savenije, 2000). Water poverty index (Sullivan, 2002) considers

both quantity and quality, but is too complex to calculate and, moreover, hard to explain. There is a clear need for a water scarcity indicator that integrates all water resources, water use and environmental impacts, but such an approach should be simple enough to apply with easily available input data and should be transparent so as to allow easy interpretation.

Water quality or water pollution is rarely regarded as an important factor in the water scarcity assessment (Oki and Kanae, 2006; Vörösmarty et al., 2010). Currently, almost all widely used methods for water scarcity assessment focus on the quantity of freshwater resources but pay little attention to water quality. However, water pollution has become a key factor influencing sustainable development in many countries. In China, according to the *Environmental Quality Standards for Surface Water* of China, 41% of river length and 42% of lake area did not meet general acceptable water quality standards in 2009 (MWRC, 2009). Without considering water quality, water scarcity is often underestimated. In China, water quality is assessed based on a comparison of key pollutant concentrations with water quality standards. Nowadays, more and more researchers call for an integrated water scarcity assessment that combines both water quality and quantity (Xia et al., 2005; Wang et al., 2006). Despite of this, the integration of water quality in water scarcity assessment is still

\* Corresponding author at: School of Nature Conservation, Beijing Forestry University, Qinghua East Road 35, Beijing Haidian District 100083, Beijing, China. E-mail addresses: water21water@yahoo.com, junguo.liu@gmail.com (J. Liu).

1470–1600/\$ – see front matter © 2013 Elsevier Ltd. All rights reserved.  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.06.012>



# 渐进式生态修复模式

# 渐进式生态修复

**渐进式生态修复**是在生态学原理指导下，充分考虑区域环境污染和生态退化的历史条件和现实状况，在一定社会投资和技术水平约束条件下，选择合理的修复模式，**分阶段、分步骤地**对受损生态系统进行**循序渐进的**修复和治理



减去/去除污染物

提高生态系统功能

增加生物多样性

开始恢复  
本地生态系统

部分恢复  
本地生态系统

完全恢复  
本地生态系统

自然恢复

生态修复

环境治理

刘俊国, 崔文惠 等, 2021. 《科学通报》66 (9):  
1014-1025

# 渐进式生态修复



## 《科学通报》封面论文

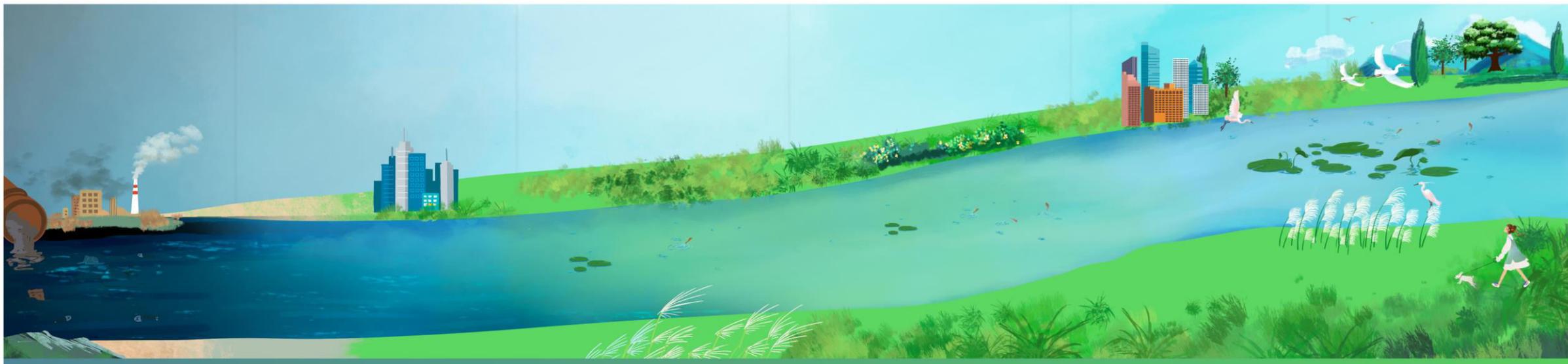
### 三种模式

### 四大特征

### 九项流程

刘俊国, 崔文惠 等, 2021. 《科学通报》66 (9):  
1014-1025

# 渐进式生态修复的三种模式



减去/去除污染物

提高生态系统功能

增加生物多样性

开始恢复  
本地生态系统

部分恢复  
本地生态系统

完全恢复  
本地生态系统

自然恢复

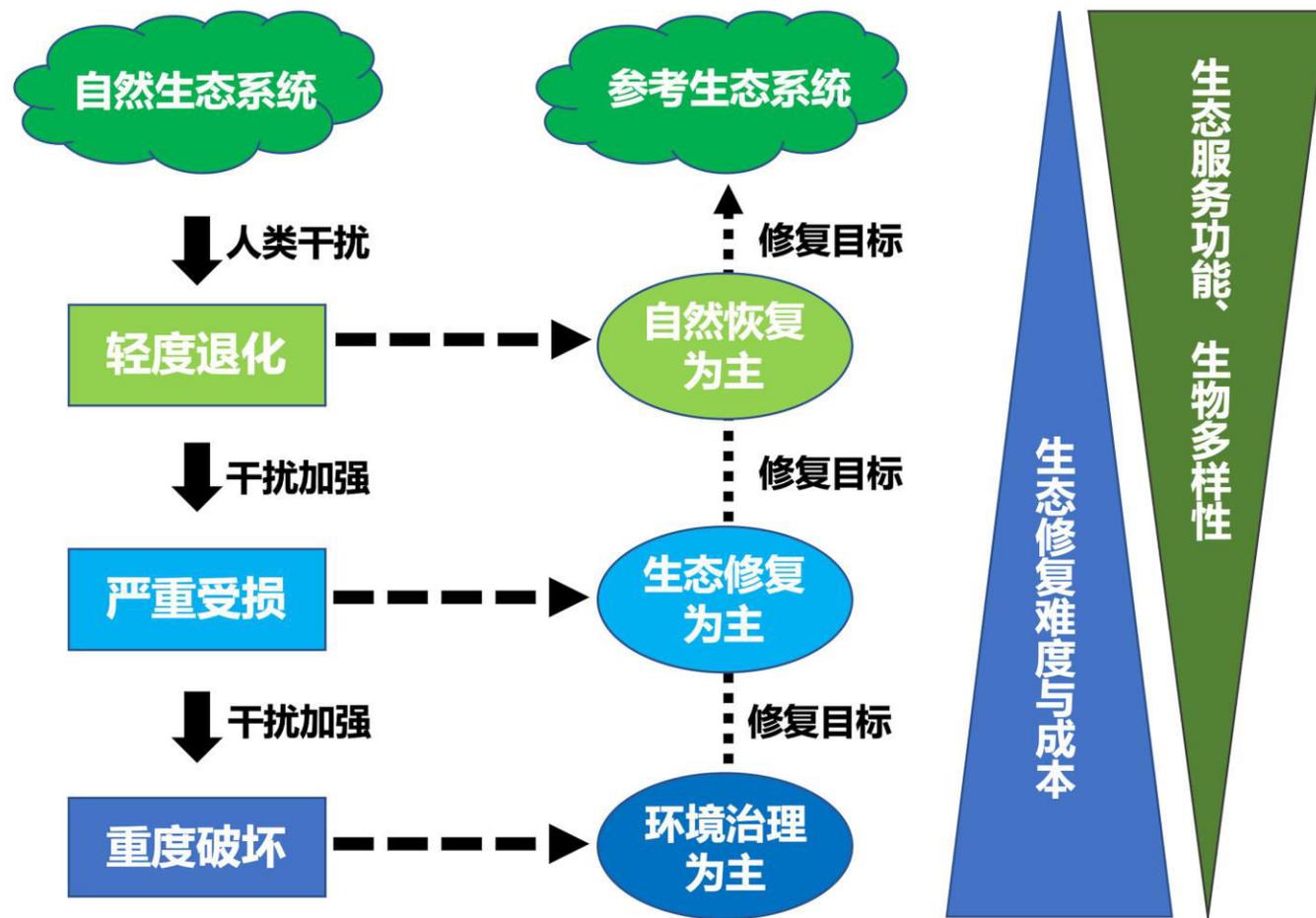
生态修复

环境治理

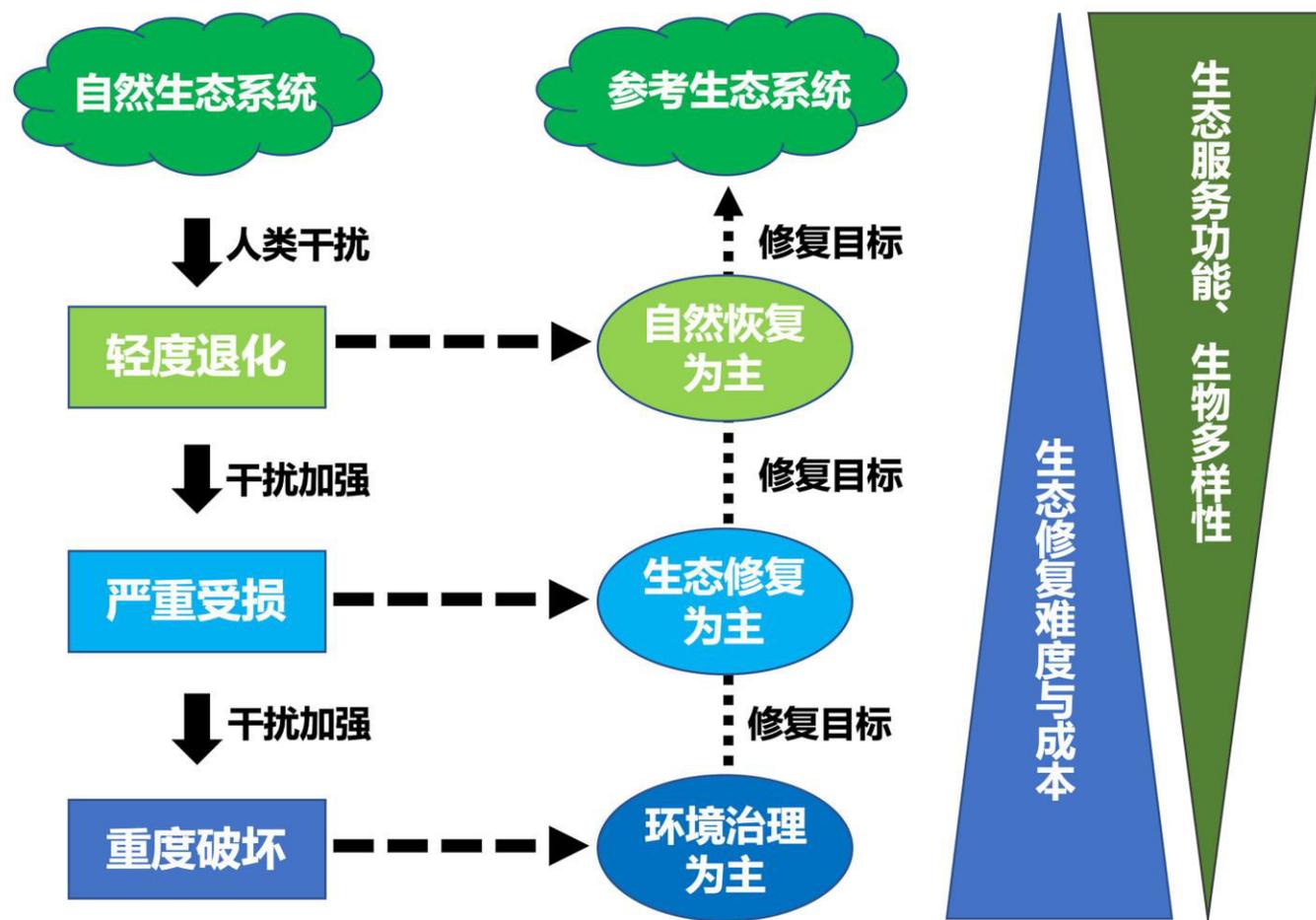
**三种模式：环境治理、生态修复、自然恢复**

刘俊国, 崔文惠 等, 2021. 《科学通报》66 (9):  
1014-1025

# 渐进式生态修复的四大特征：(1) 因地制宜选择修复模式



# 渐进式生态修复的四大特征：（2）明确修复目标和参考生态系统



根据生态系统的受损程度以及人类干扰的程度，并结合当地社会投资和技术水平来确定生态修复目标

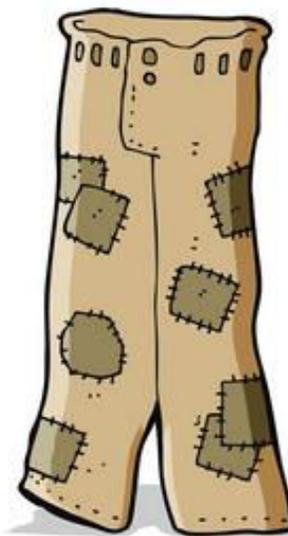
# 渐进式生态修复的四大特征：（3）坚持系统治理思路



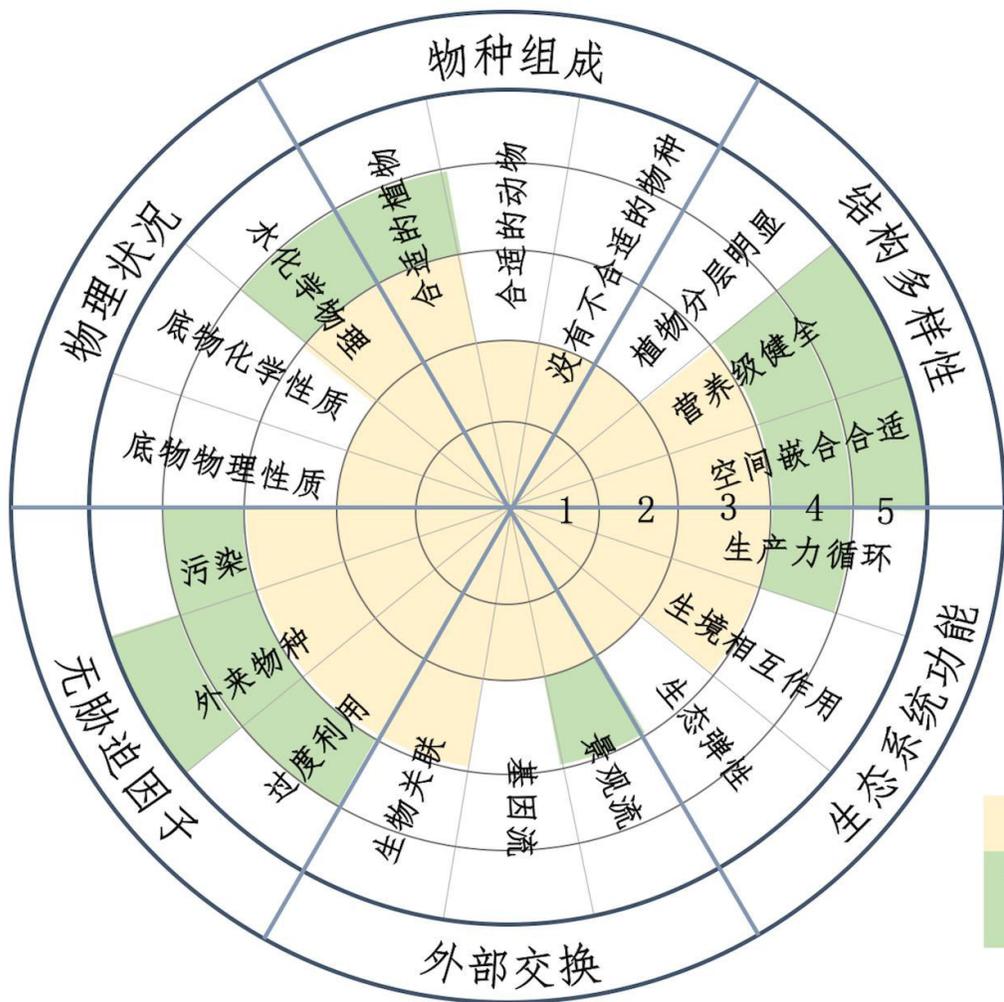
按照流域治理的思路，在河道-河岸-区域-流域不同尺度剖析生态系统退化机制，构建兼顾“点-线-面”的河流生态修复思路和技术体系

表象在水里、问题在流域、根子在岸上

流域修复

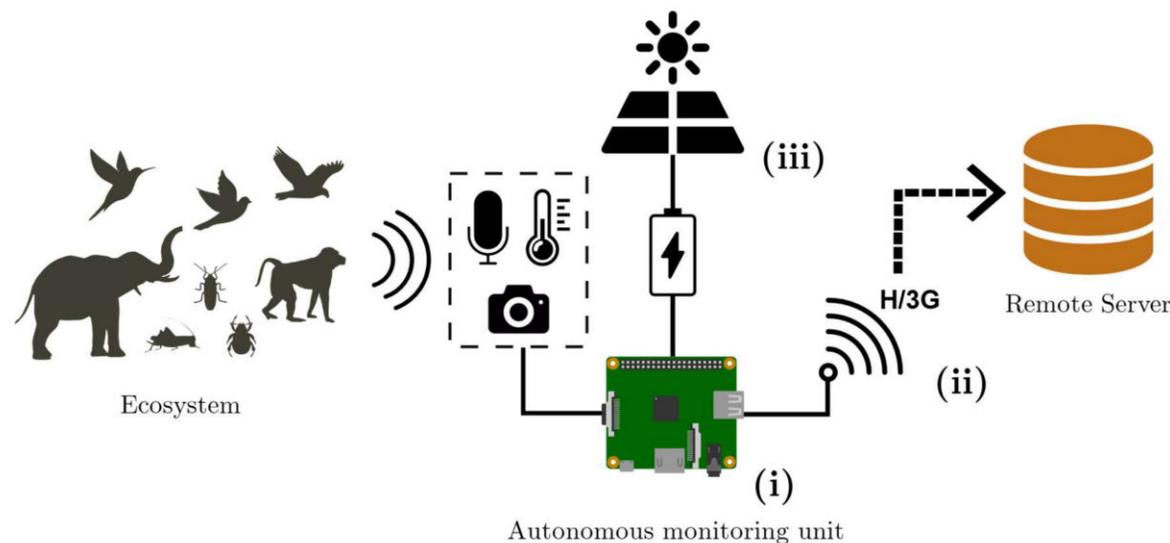


# 渐进式生态修复的四大特征：（4）重视生态调查和监测



生态恢复轮

在修复前、修复过程中和修复后，  
需要一直开展生态调查和监测



# 四

## 永定河生态修复案例

与北京林业大学、北京水利规划设计研究院、  
中科院生态环境研究中心、中国农业大学等合作

# 北京“母亲河”生态修复

## 永定河北京段（官厅水库坝下-梁各庄）

【流域面积】流域面积3168 km<sup>2</sup>

【主河道长】170 km

【河段分区】官厅山峡段、三家店至黄良路段、黄良路至梁各庄段

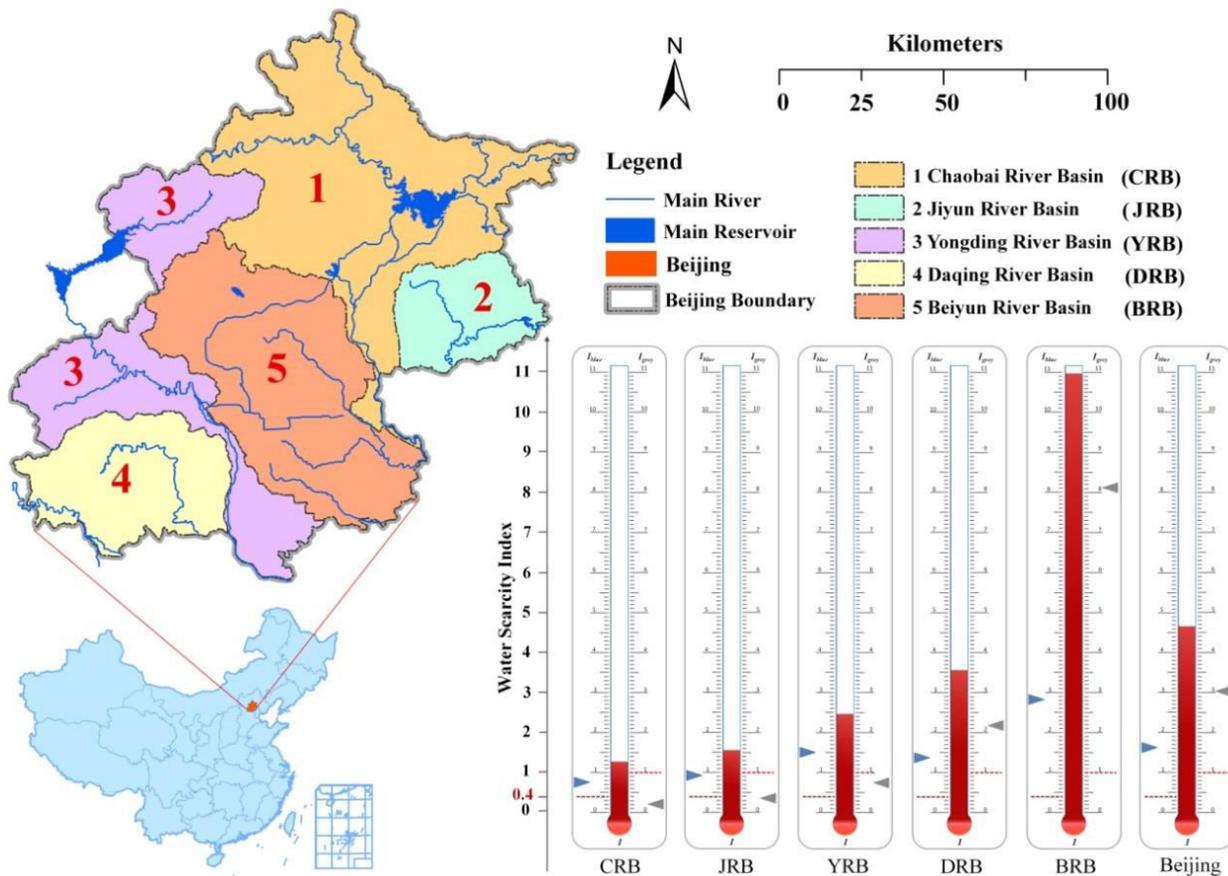
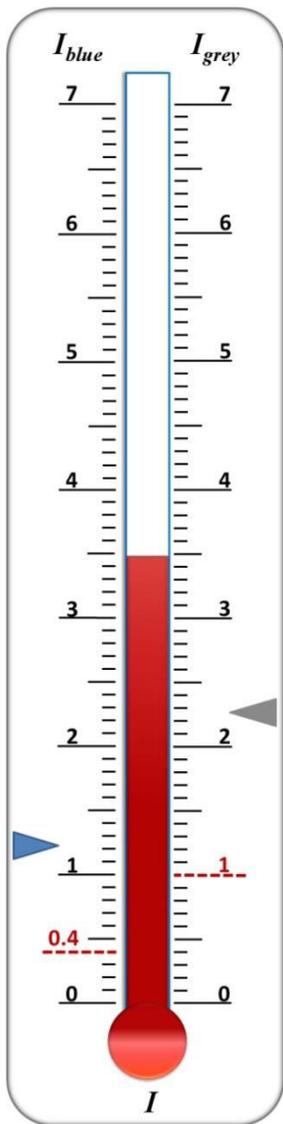
【流经区域】门头沟、石景山、丰台、大兴、房山

- **缺乏河道生态用水，河流水陆生态系统严重退化；**
- **缺乏全面系统的治理，河流生态服务价值功能还未得到有效发挥；**
- **防洪安全仍然存在隐患。**



- **“京西绿色生态走廊与城市西南的生态屏障”**
- **“生态的河、有水的河、安全的河”**

# 河流修复：三维水资源短缺+渐进式生态修复



根据三维水资源短缺评价，  
永定河主要问题

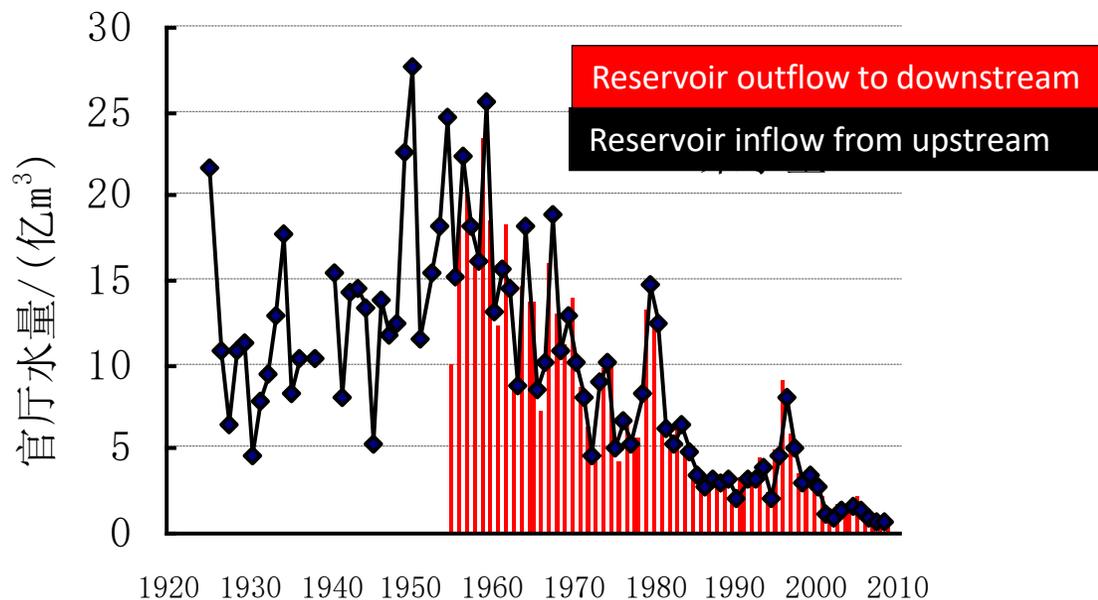
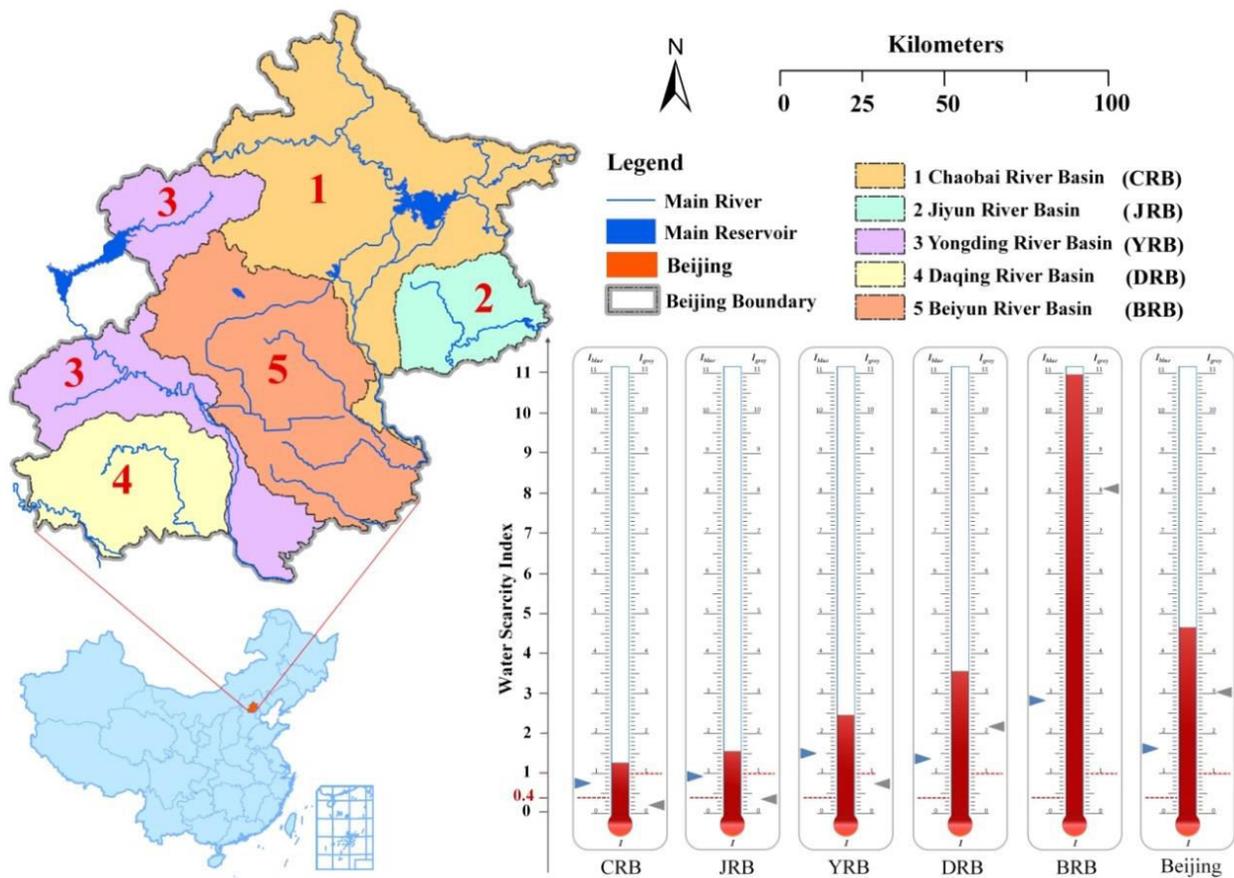
- 水量型缺水
- 生态型缺水

潮白 蓟运 永定 大清 北运 北京

水短缺计

Zeng, Liu\*, Savenije H.H.G., 2013. *Ecological Indicators* 34: 441-449.

# 研判水资源短缺维度，开展永定河生态修复

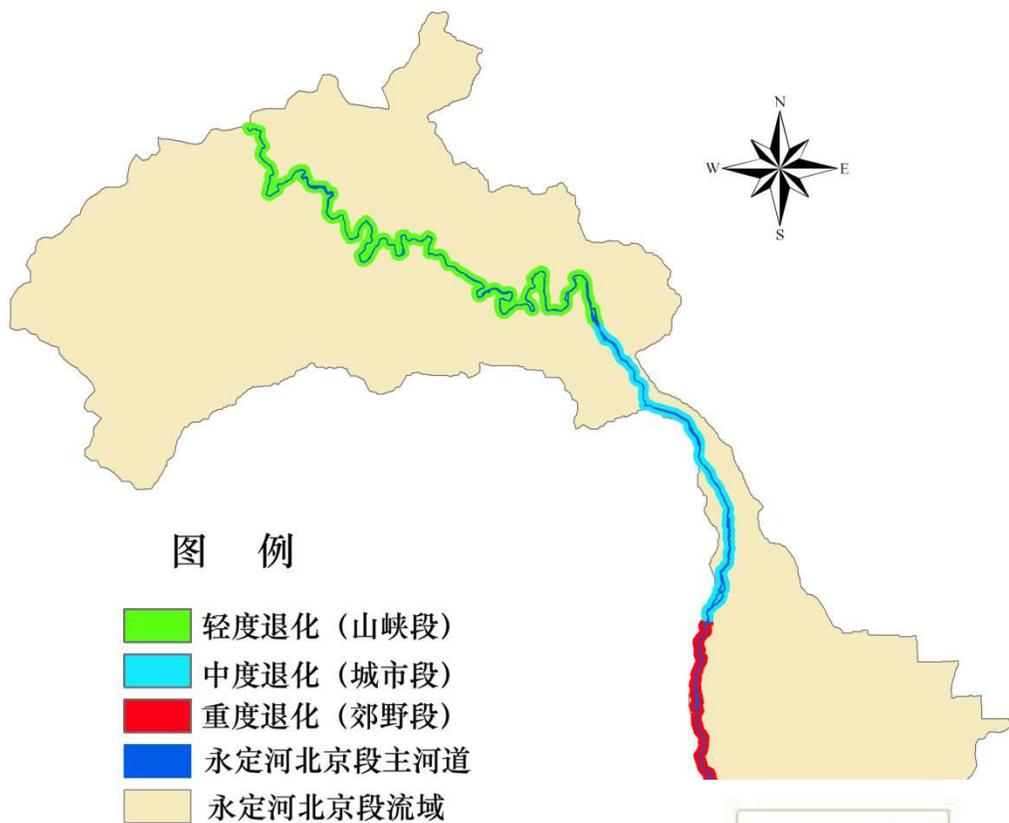


**永定河**

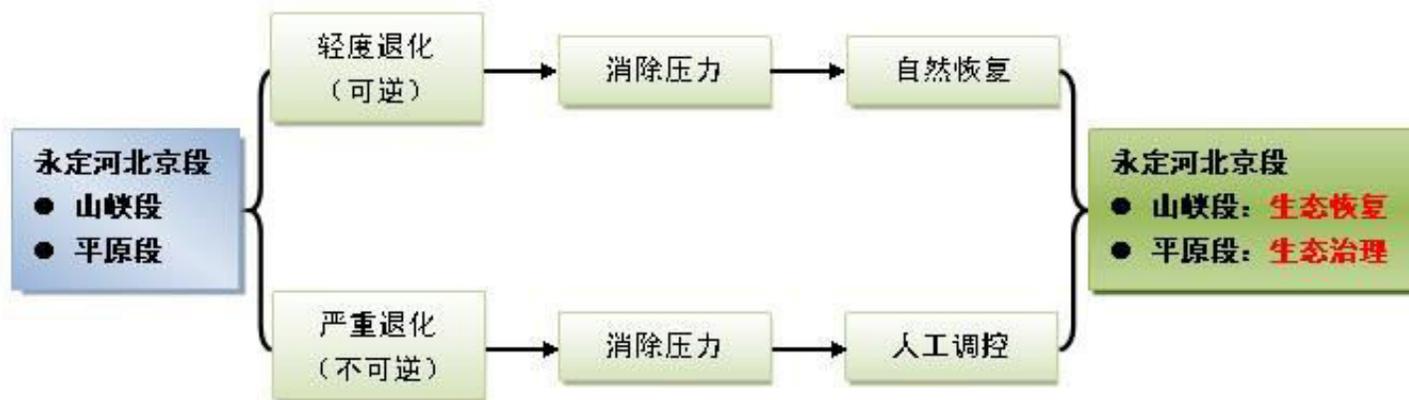


**以保障河道生态用水为抓手，采用渐进式生态修复理论，开展河流生态修复**

# 1. 因地制宜选择修复模式



**山峡段**：轻度退化。以自然恢复为主，生态修复为辅  
**城市段**：中度退化。以生态修复为主，自然恢复为辅  
**郊野段**：严重退化。以环境治理为主，开展生态补水



# 2.明确修复目标和参考生态系统

## 永定河河道修复生态功能分区图



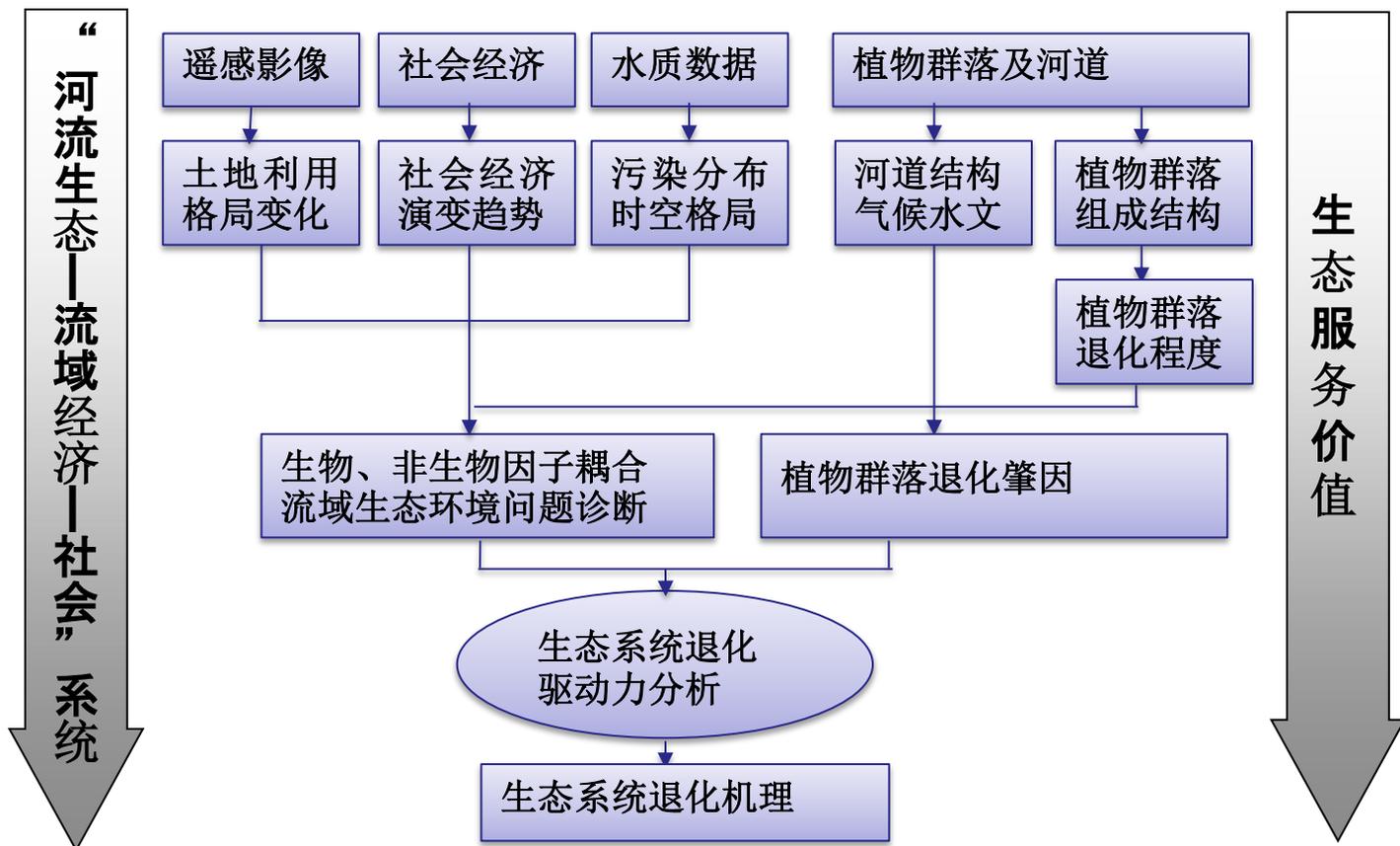
城市段和郊野段以山峡段为参照系统，逐步实现生态治理与修复

中科院生态中心魏源送研究员团队

# 2.明确修复目标和参考生态系统

		官厅山峡段	平原城市段	平原郊野段	
水安全	水面面积	2015	-	新增水面3.6km <sup>2</sup>	-
		2030	-	新增水面4.1km <sup>2</sup>	-
	水体质量	2015	Ⅱ-Ⅲ类水质标准	Ⅲ-Ⅳ类水质标准	-
		2030	Ⅱ类水质标准	Ⅲ类水质标准	-
生态安全	植被修复	2015	植被覆盖度恢复到70%左右,达植被覆盖度五级水平	植被覆盖度在50%以上,植被覆盖度为四级水平	植被覆盖度恢复到30%以上,植被覆盖度为三级水平
		2030	植被覆盖度恢复到70%左右,达植被覆盖度五级水平	植被覆盖度在70%以上,植被覆盖度为五级水平	植被覆盖度恢复到50%以上,植被覆盖度为四级水平
	湿地修复	2015	-	新增湿地面积14km <sup>2</sup>	-
		2030	-	明确湿地的功能分类,实现生态系统地表基地的稳定性	-
文化传承	河流文化保护	2015	游游人数年均增长率达到15%以上; 游收入年均增长率达到18%以上		
		2030	游游人数年均增长率达到18%以上; 游收入年均增长率达到20%以上		

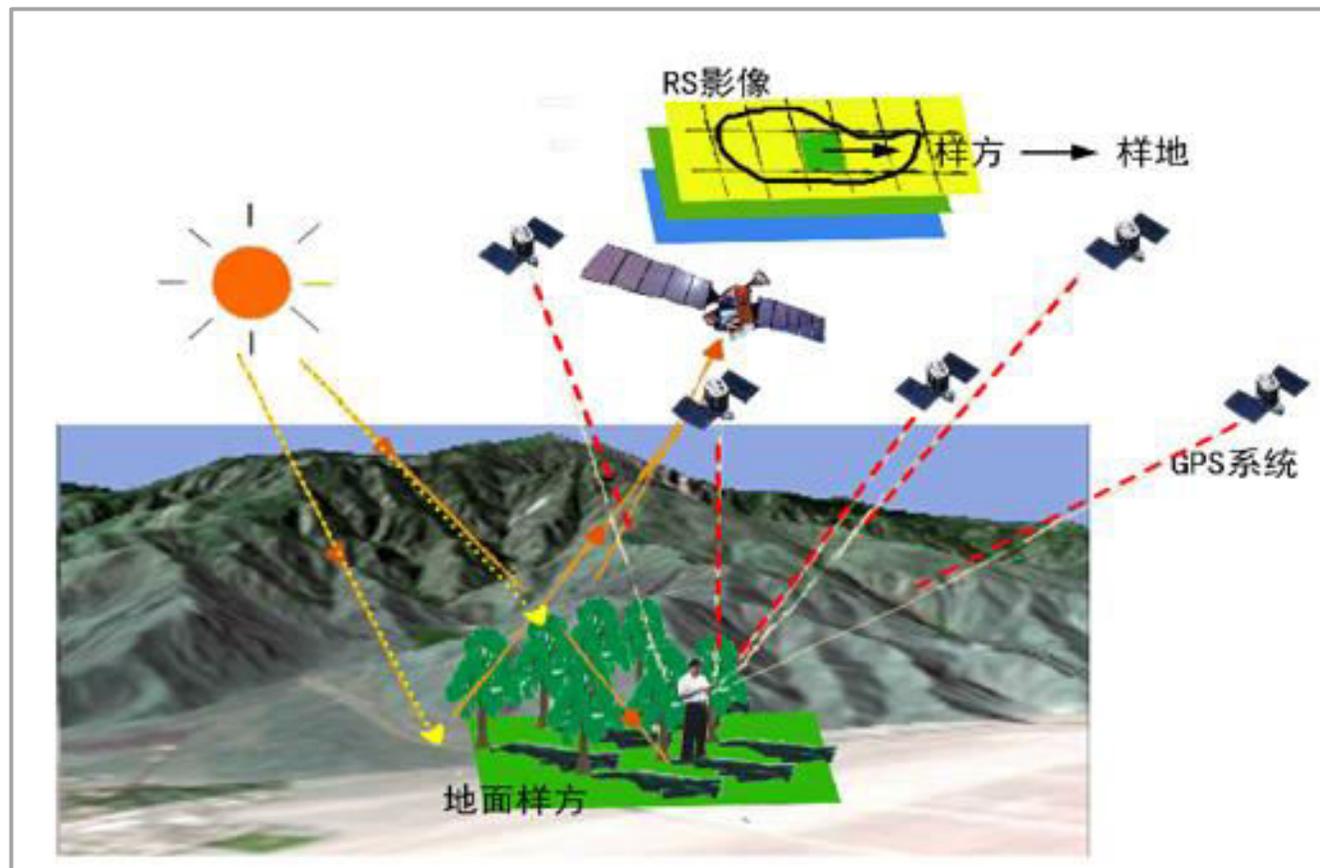
# 3. 坚持系统治理思路



- 统筹规划，综合治理。  
从流域着眼，从河道走廊入手，落实到永定河
- 研发一整套流域生态修复模式，协同推进山水林田草一体化保护和修复，增强生态保护修复效果，实现生物多样性

中科院生态中心魏源送研究员团队

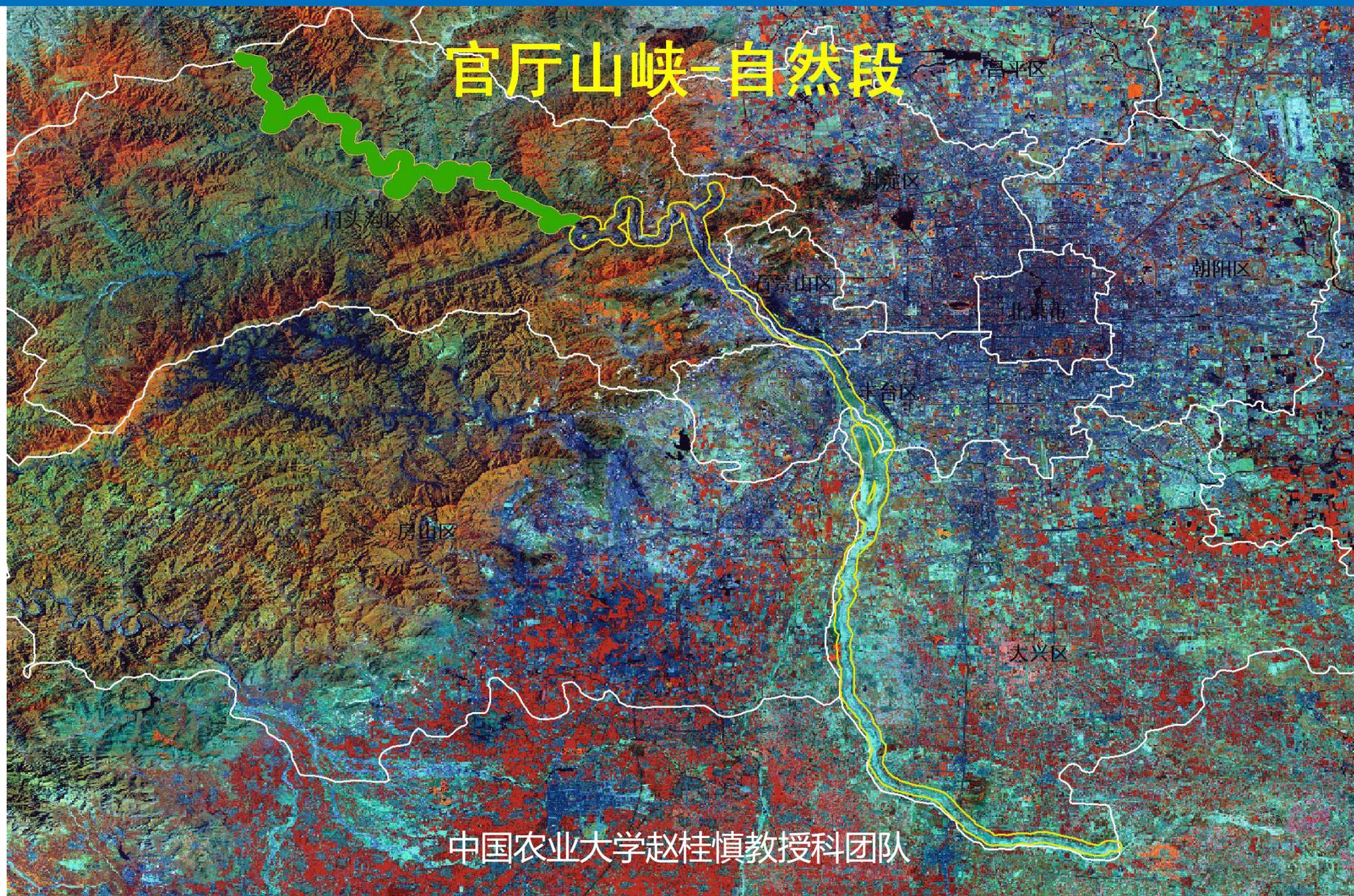
# 4.重视生态调查和监测



采用**3S技术**与地面样地调查作为核心技术，以多期遥感影像为数据源，充分利用现有各种历史调查和相关地学资料，结合GPS定位地面实测站点数据，通过遥感图像解译，建立长效的**永定河生态环境监测体系**

北京林业大学冯仲科教授团队

# 永定河生态修复三维展示平台



# 北京“母亲河”生态修复

---



# 北京“母亲河”生态修复

---



生态补水方案由北京水利规划设计研究院完成

# 北京“母亲河”生态修复



# 北京“母亲河”生态修复

2020年5月，**断流了25年的永定河北京段**  
**在本世纪首次实现了全线通水**



生态补水方案由北京水利规划设计研究院完成

刘俊国摄影

# 北京“母亲河”生态修复



UNITED NATIONS DECADE ON  
ECOSYSTEM  
RESTORATION  
2021-2030

## Good Practices on Vulnerable Ecosystem Restoration in China



### Case 10. Ecological restoration of Yongding River in China

#### Brief Overview

Here we describe our ecological restoration experiences in the Yongding River, the "mother river" of Beijing. We introduced the stepwise ecological restoration theory (STERE) and its three restoration modes based on level of degradation to help restore the Yongding River. A series of supporting technology was developed to assist with the theoretical implementation, a river restoration multi-objective optimization and decision-making tool. Our interventions enabled the Yongding River to be restored to a state which ended the 25-year history of river cut-off. The theory and practice of river restoration have been successfully applied in other rivers in nine provinces in China through collaborations among academia, enterprises and the Government. This is an important reference for basin-restoration decision makers and practitioners.

介绍了渐进式生态修复及其模式以及在永定河修复中的应用



渐进式生态修复  
及永定河修复被  
联合国环境署作  
为中国生态修复  
成功案例（唯一  
河流修复案例）  
向全世界推广

UNEP, 2022

# 五

## 茅洲河生态修复案例

与南方科技大学、中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司等单位合作

# 深圳茅洲河简介



茅洲河是深圳第一大河。总面积388km<sup>2</sup>，其中311km<sup>2</sup>在深圳，77km<sup>2</sup>在东莞



被生态环境部、住建部列为挂牌督办的黑臭水体。



由水质问题导致的典型生态型缺水河流。  
茅洲河治理是深圳治水“一号工程”，事关深圳居民福祉及城市国际形象



“墨汁河”

# 1. 因地制宜选择修复模式

深莞茅洲河全流域治理作战图



2016年初国内最大水环境治理EPC项目——茅洲河流域水环境综合整治工程拉开大幕。第一阶段在茅洲河宝安片区因地制宜设置46项工程（中电建华东院）

## 3类环境治理工程

雨污管网工程  
(18个)

河道整治工程  
(16+1个)

内涝整治工程  
(5个)

## 3类生态修复工程

生态修复工程  
(1个)

活水补水工程  
(3个)

景观提升工程  
(2个)

## 2.明确修复目标和参考生态系统

□坚持**统一目标**与分步推进相结合

□明确**水质目标**：2017年国考断面消除黑臭；2020年达V类水

### 01 管网工程

完成近800km管网敷设

### 03 景观提升工程

界河示范段、七支渠、潭头渠，16条河景观提升



工程实施

### 02 河道整治工程

完成近100km沿河截污管建设

### 04 底泥处置工程

月处理污泥可达10万立方米

# 3. 坚持系统治理思路

- 坚持流域统筹与区域治理相结合的原则，以流域尺度统筹梳理排水系统、污水系统、雨水系统问题，具备系统思维
- 在全流域开展河流生态补水研究，研发了河道再生水补水调配技术

## 茅洲河流域（宝安片区）再生水补水工程



水质突发事件	补水水库				补水到达共和村时间 (h)
	罗田水库	长流陂水库	五指耙水库	石岩水库	
工况1	√	√		√	3.1
工况2	√		√	√	5.9
工况3	√	√		√	2.6
工况4	√		√	√	5.4
工况5	√	√		√	2.4
工况6	√		√	√	4.8

# 4.重视生态调查和监测

## 茅洲河智慧水务平台（中电建华东院）

### 建设内容：

- 水雨情监测系统
- 水质监测系统
- 自动化控制系统
- 视频监控系统
- 广播系统
- 网络系统
- 集中控制中心
- 管理应用平台
- BIM系统



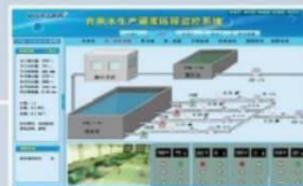
水环境监控系统



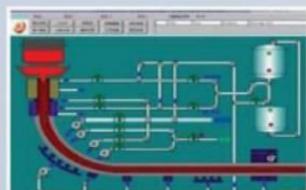
防洪排涝调度系统



水雨情测报系统



供水监控系统



生态配水系统



应急会商系统



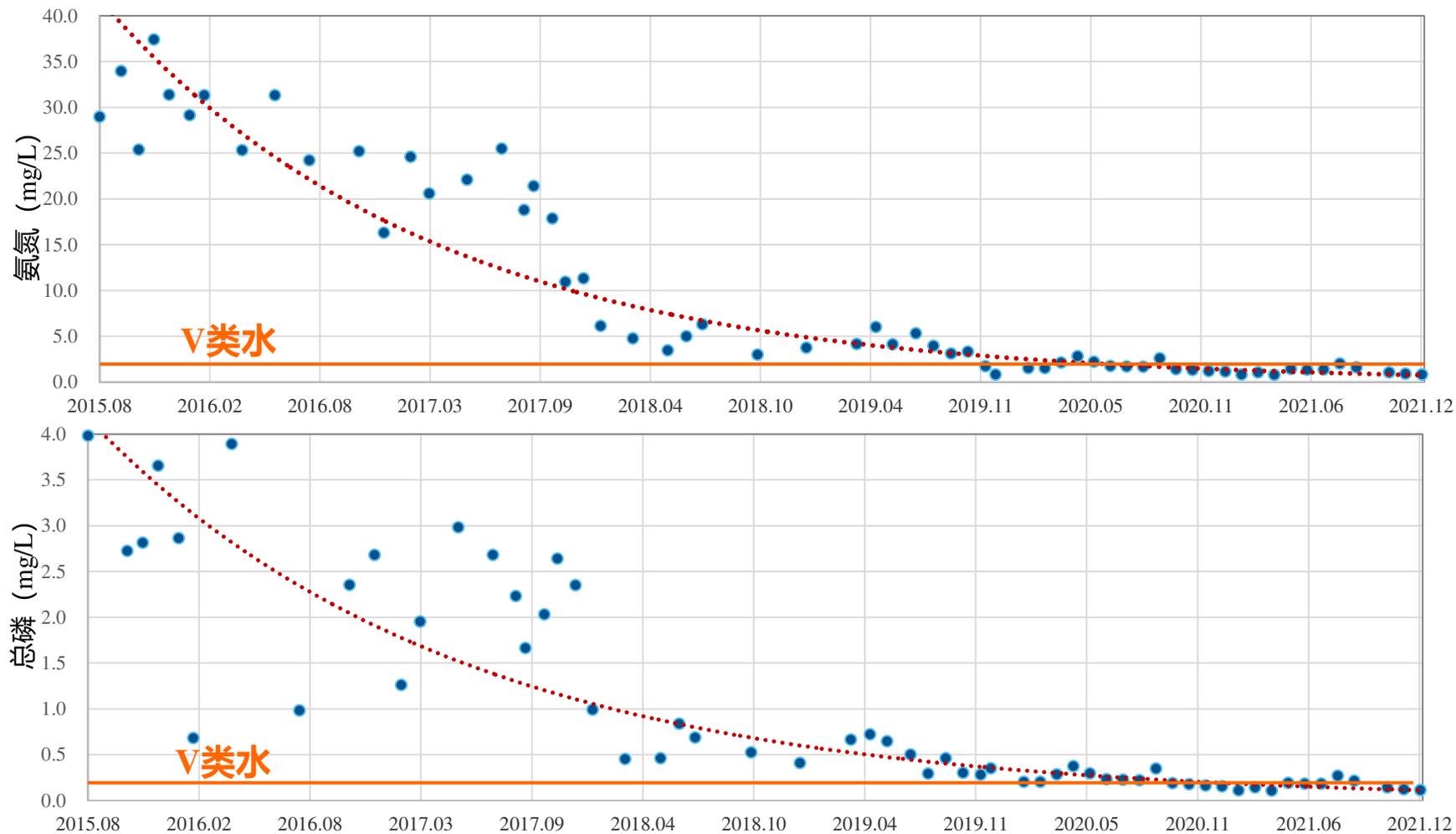
生产安全巡检系统



水务设施运行管理

# 修复效果

干流共和村断面氨氮平均浓度由2015年31.2mg/L降低至目前1.6mg/L



2016年前



现在

2015-2021年茅洲河干流国考断面（共和村）氨氮与总磷月均变化情况



在茅洲河举办五届**粤港澳龙舟赛**

# 修复效果

## ■ 各级媒体和政府大力宣传推广

### 社会反响最大

中央电视台播出 **10集** 专题/记录片，  
播放时间长达 **210分钟**，其余各  
级官方媒体报道多达**1500**余次



2017年11月《走近科学》专题片两集



2020年6月《创新进行时》专题片六集

### 2022年8月29日至9月1日，4集纪录片 《深圳有条茅洲河》



河流对于城市来说太重要了

刘俊国  
欧洲科学院院士  
南方科技大学讲席教授



2019年11月《美丽中国》纪录片一集

### 茅洲河草地音乐会



### 深圳市皮划艇训练基地



### 亮相共和国发展成就巡礼



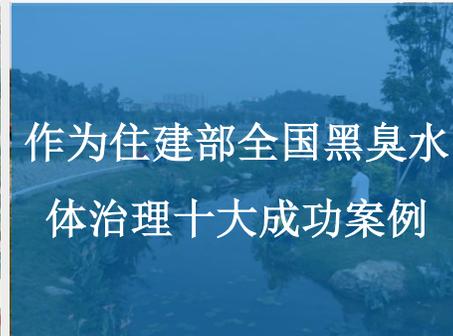
### 国内外行业参观学习



### 粤港澳龙舟赛

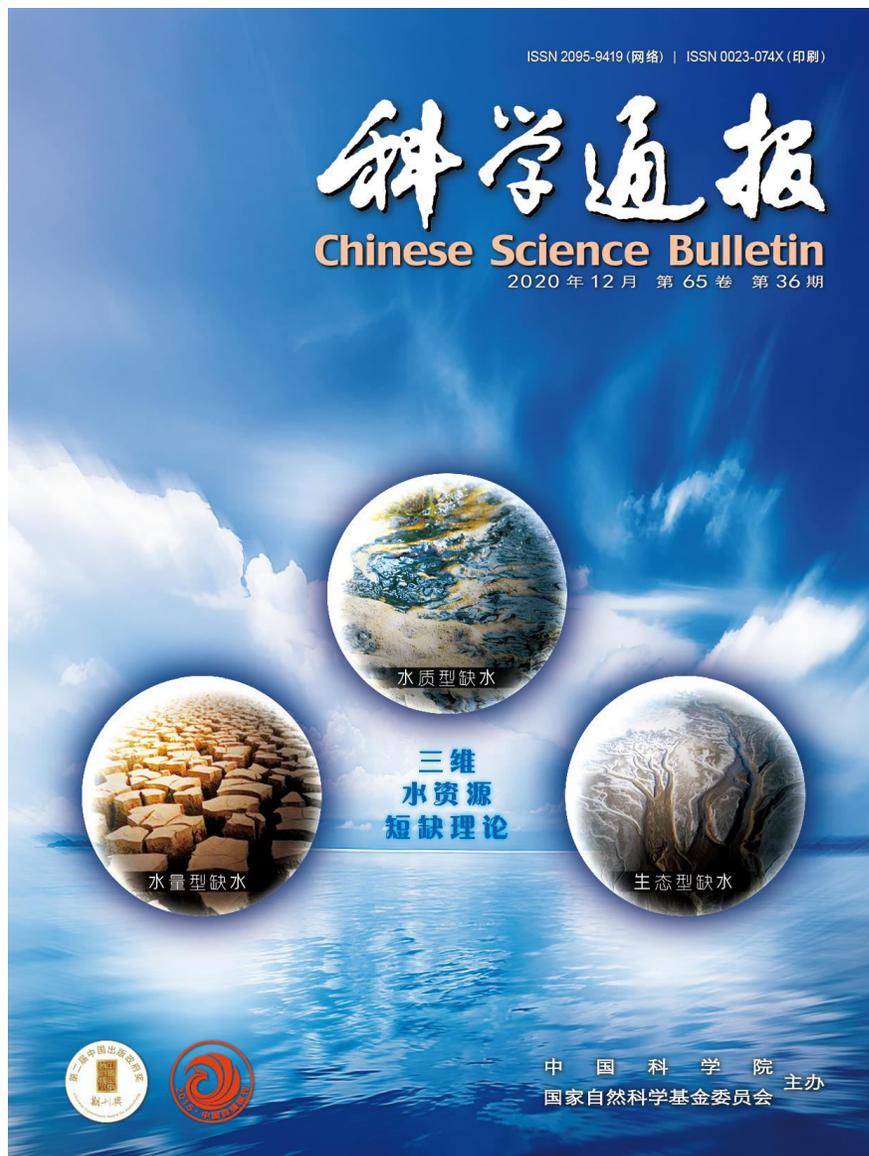


### 居民戏水游憩

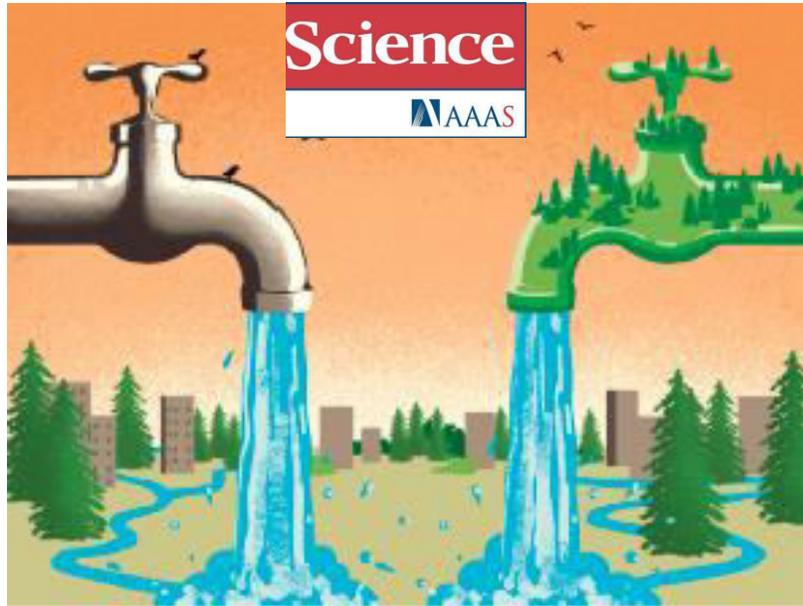


作为住建部全国黑臭水  
体治理十大成功案例

# 三维水资源短缺&渐进式生态修复



# 三维水资源短缺&渐进式生态修复



WATER

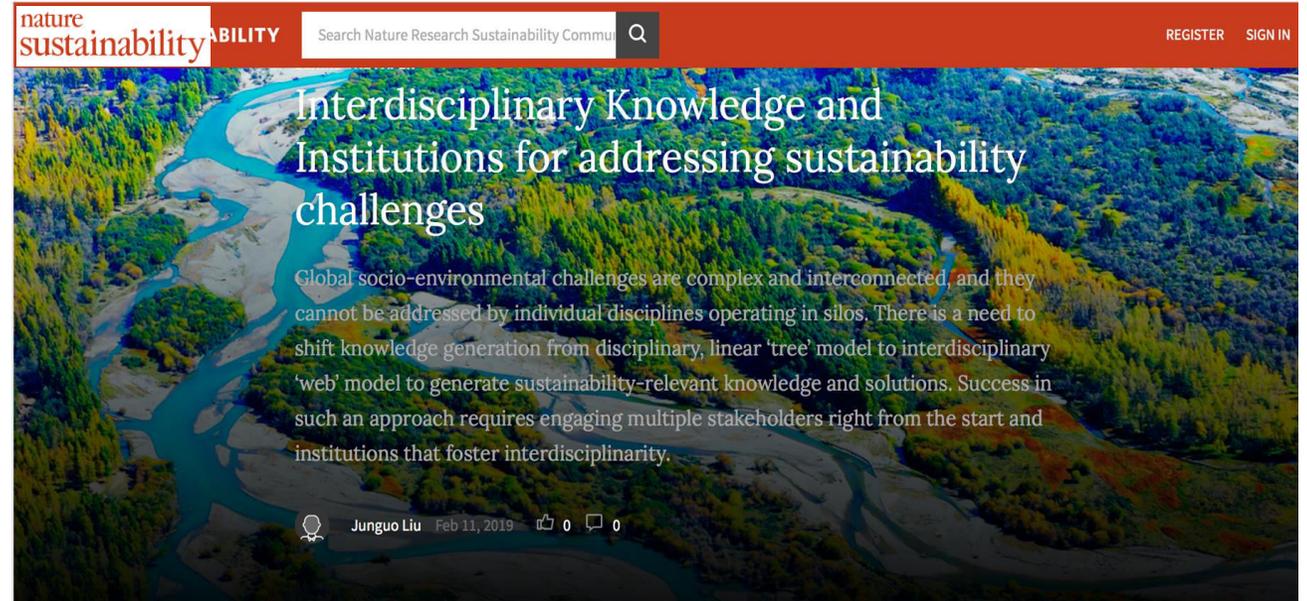
## Water security: Gray or green?

Building engineered structures, such as dams and dikes, has been the conventional approach to water management. Some suggest that such “gray” infrastructure make way for “green” ecosystem-based approaches. In this second of three debates, *Science* invited arguments for how these approaches can address the challenge of building the water security of rapidly growing societies worldwide.

### Manage water in a green way

By Margaret A. Palmer,<sup>1\*</sup> Junguo Liu,<sup>2,3\*</sup> John H. Matthews,<sup>4</sup> Musonda Mumba,<sup>5</sup> Paolo D’Odorico<sup>2,4</sup>

conserving coastal sand dunes, coral and/or oyster reefs. Although versatile and has led to wide use of ecological restoration, and combining used (5). In the Netherlands, geomorphological processes that



## comment

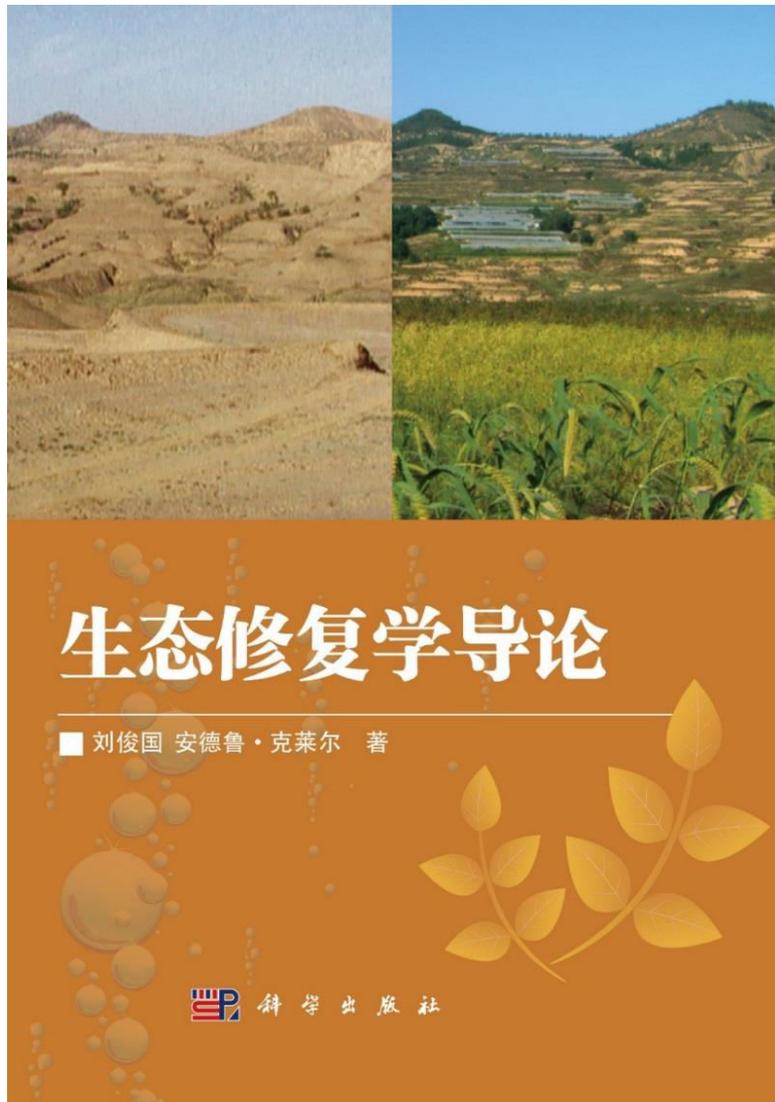
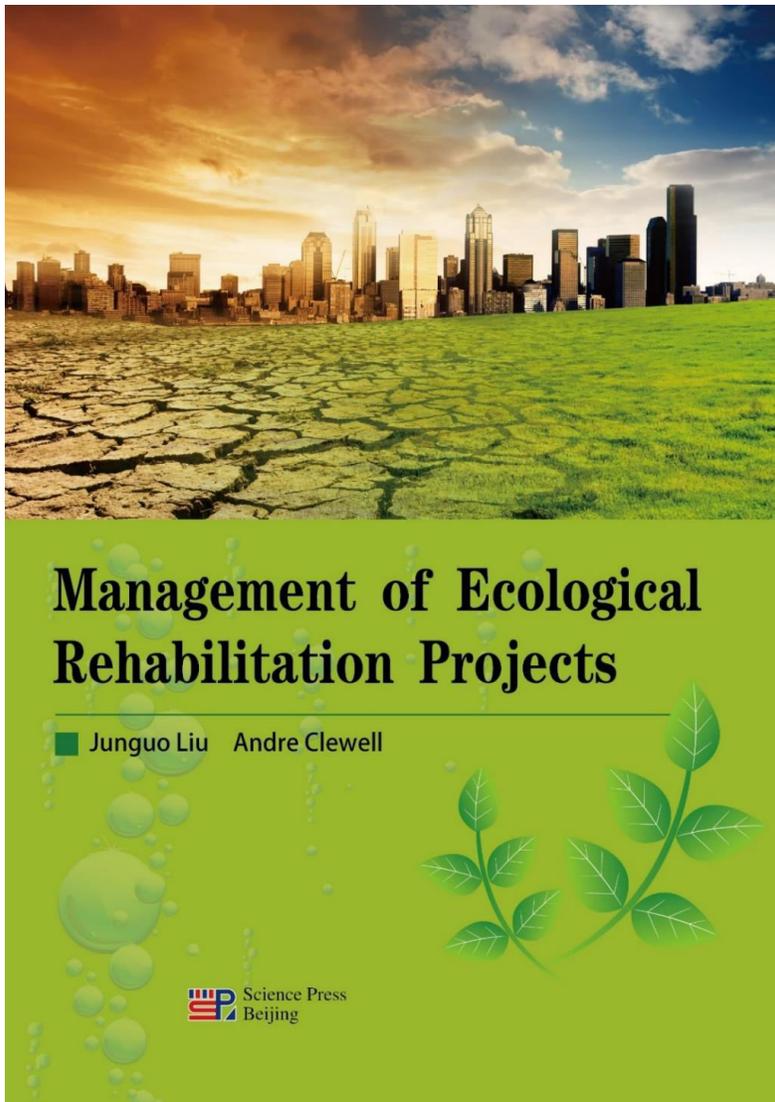
## On knowledge generation and use for sustainability

In order to address sustainability challenges, we posit that knowledge generation needs to move rapidly from a disciplinary linear ‘tree’ model to an interdisciplinary ‘web’ model. We show how such a shift is useful by looking at case studies in the context of water management.

Palmer\*, Liu\*, et al. 2015. *Science* 349:584-585

Liu\* et al., 2019. *Nature Sustainability* 2: 80–82.

# 渐进式生态修复



中英文专著正在被翻译为

西班牙语

法语

荷兰语

波斯语

乌尔都语

# 渐进式生态修复



ABOUT MEMBERSHIP CHAPTERS & SECTIONS PROFESSIONAL DEVELOPMENT RESTORATION RESOURCE

## International Standards for the Practice of Ecological Restoration

+ Share |    



[Click here to download your copy](#) of the Standards in English, Spanish, Portuguese, Chinese, Arabic, Korean, and French.

An interactive version of the [Recovery Wheel](#) is available online. The Recovery Wheel is also available for download on your Android device and will soon be available for the iPhone and iPad.

material and models in the two editions of *National Standards for the Practice of Ecological Restoration in Australia* (McDonald et al. 2016a, 2018). Several books were influential including *Restoration Ecology: The New Frontier* (Van Andel & Aronson 2012), *Ecological Restoration: Principles, Values and Structure of an Emerging Profession* (Clewell & Aronson 2013), *Foundations of Restoration Ecology* (Palmer et al. 2016), *Routledge Handbook of Ecological and Environmental Restoration* (Allison & Murphy 2017), and *Management of Ecological Rehabilitation Projects* (Liu & Clewell 2017). We have drawn content from the editorial *Ecosystem Restoration is Now a Global Priority* (Aronson & Alexander 2013), and the policy documents *Ecosystem Restoration: Short-term Action Plan* of the CBD (Convention on Biological Diversity 2016), *Partnering with Nature: The Case for Natural Regeneration in Forest and Landscape Restoration* (Chazdon et al. 2017), and *Restoring Forests and Landscapes: The Key to a Sustainable Future* by the Global Partnership on Forest and Landscape Restoration (GPFLR; Besseau et al. 2018). Works published in SER's

国际恢复生态学学会2019年发布的国际生态修复标准中，提到

有四本专著是具有重要影响力的，其中一本为Liu and Clewell (2017)

# 渐进式生态修复



## International Principles and Standards for the Ecological Restoration and Recovery of Mine Site

国际恢复生态学学会2022年发布国际首部矿区生态修复标准，  
借鉴采用**渐进式生态修复**理念，并在术语表对其进行解释

# 获奖情况



**城市河流生态修复项目**  
**获深圳市科技进步一等奖**



**永定河生态修复项目**  
**获中国水土保持学会科技进步一等奖**  
**2020年度全国优秀工程咨询成果奖一等奖**

# 三维水资源短缺 & 渐进式生态修复



“三维水资源短缺评价” 荣获美国地球物理学会Paul A. Witherspoon Lecture奖（首位获奖的亚洲科学家）



荣获国际恢复生态学学会“技术传播奖（首位获奖的亚洲科学家）”

# 三维水资源短缺 & 渐进式生态修复

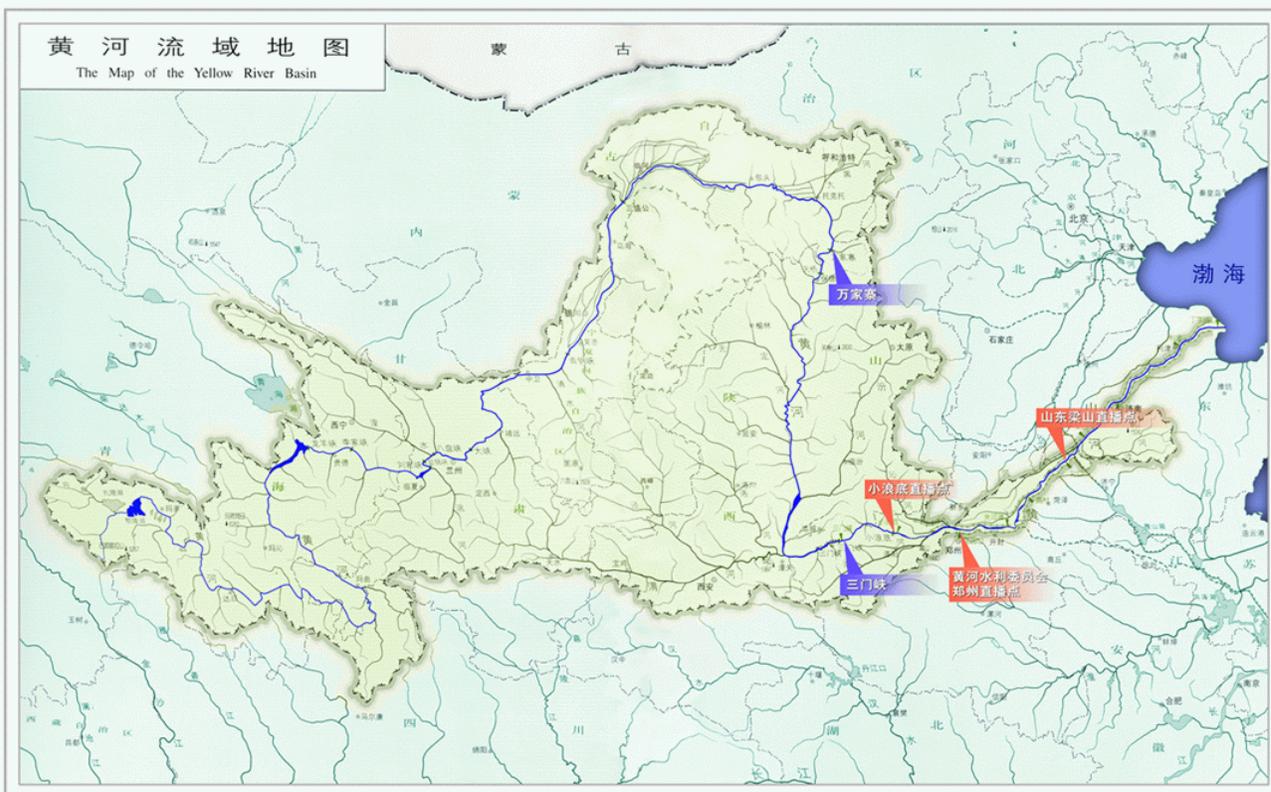


2023年荣获由国际水文科学协会（IAHS）、联合国教科文组织（UNESCO）和世界气象组织（WMO）共同颁发的**国际水文科学奖 Volker奖章**（**国际水文科学领域的最高学术成就奖**）

**“三维水资源短缺”**：科学诊断，摸清水资源家底，研判水短缺维度与程度

**“渐进式生态修复”**：精准施策，修复河流生态系统，实现流域高质量发展

**“看病治病”，双管齐下，实现黄河流域生态修复与保护**



# 感谢团队成员的支持



# 欢迎各位专家 批评指正!

只有恢复绿水青山  
才能使绿水青山变成金山银山

刘俊国

Junguo Liu

[junguo.liu@gmail.com](mailto:junguo.liu@gmail.com)