

# 五色共融，构建水生态文明综合体



中国水利水电科学研究院水资源研究所  
水利部水资源与水生态工程技术研究中心

王建华 教高

# 内 容 提 要

---

- I. 水生态文明及其五色调
- II. 五色共融实现技术体系
- III. 济南试点五色共融实践

# I . 水生态文明及其五色调

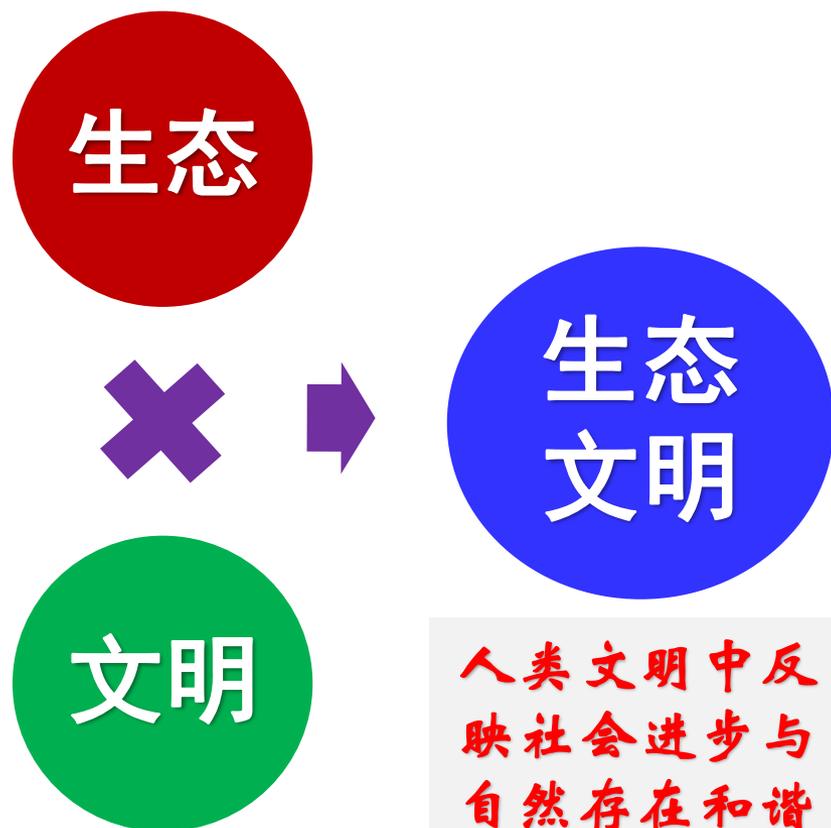


# 1.1 什么是水生态文明？

- “生态 (Eco-)” 源于古希腊字，原意是指家 (house)，现指生物的生存状态，以及和与环境、人类之间的关系。



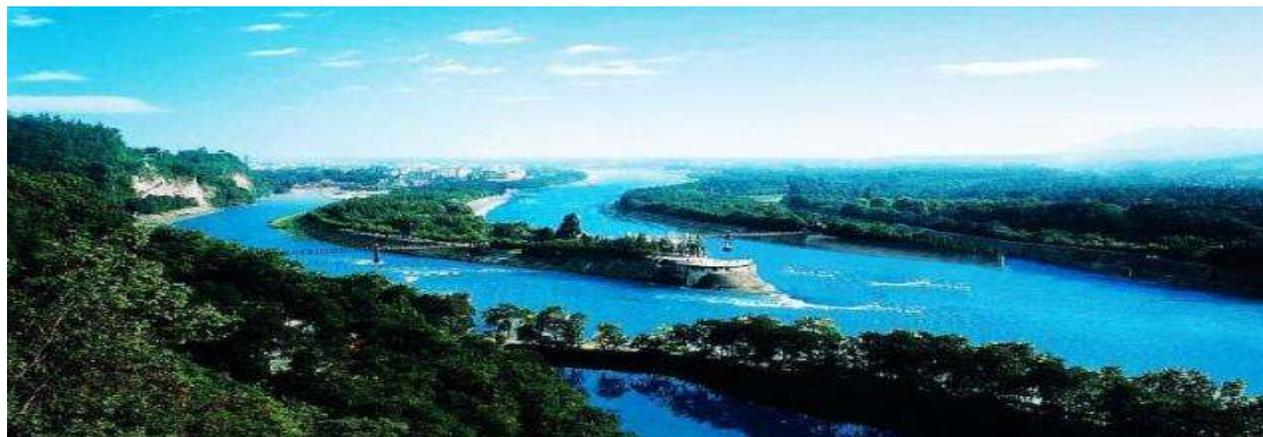
- “文明” 源于拉丁文Civis，是指人类创造的物质和精神财富总和，涵盖人与人、人与社会、人与自然之间的关系。



人类文明中反映社会进步与自然存在和谐程度的状态

# 1.1 什么是水生态文明？

**水生态文明**：是社会文明中反映人-水和谐的物质与精神成果。



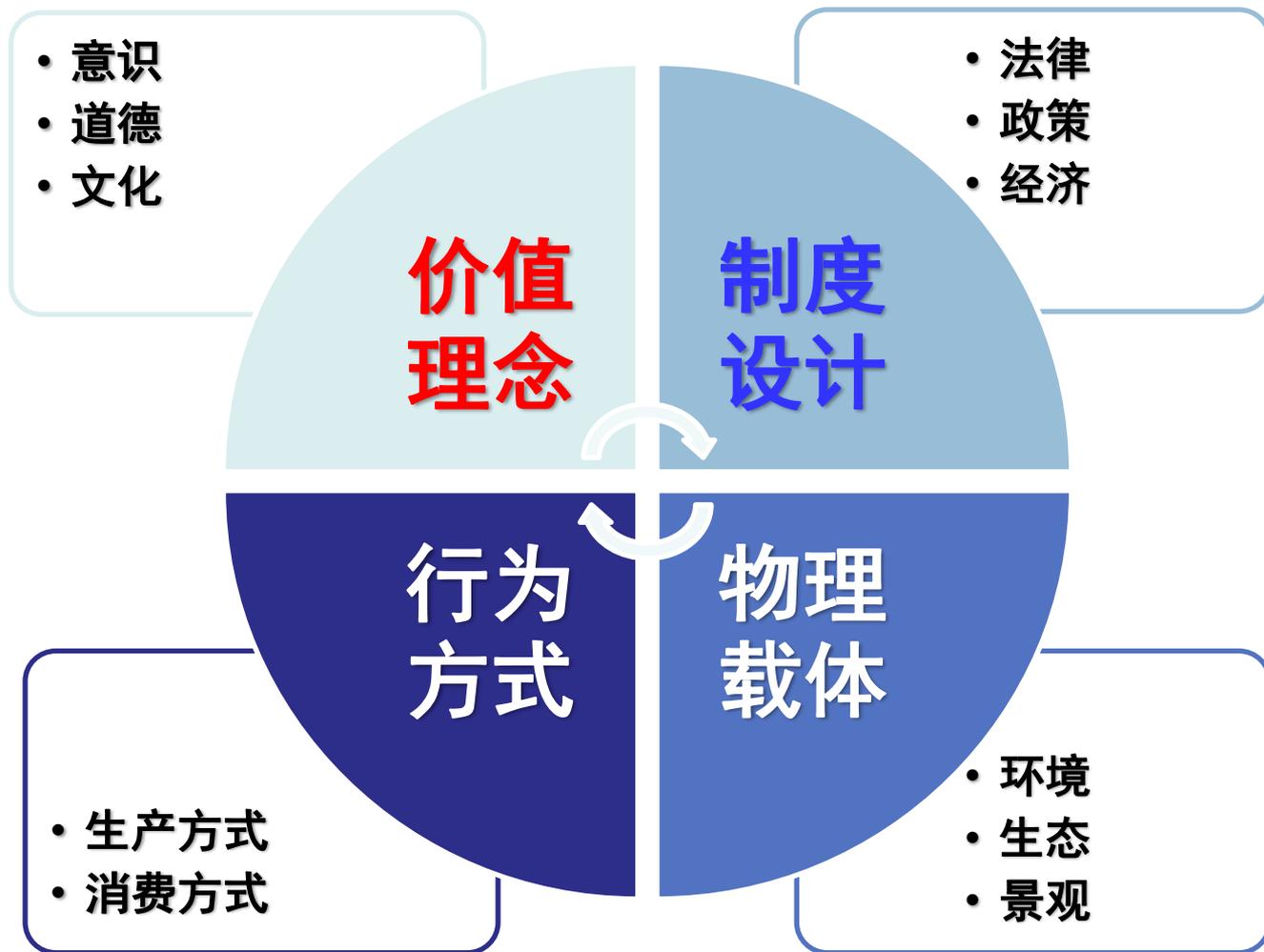


**认识之二：**水生态文明建设实质是对人类水事活动的综合调控，它贯穿“自然-社会”水循环全过程，目的是协调水的生态环境与社会经济功能间的关系，实现效益最大化。



**认识之三：**水生态文明建设是水资源开发利用方式与水治理体系的系统升级，包括发展理念、制度文化、工程技术、行为方式等方面。

文明的横向剖面结构



**认识之四：水生态文明建设最终要落脚到水生态环境系统状态的演进上来，突出体现在水体环境质量与水生生物健康水平。**



## 1.2 水生态文明的五色调



流域水生态系统三元底色：**青色**、灰色、**蓝色**

## 1.2 水生态文明的五色调

(生态) 文明的双元色：**绿色**（引导）、**红色**（禁止）



# 水生态文明五色共融矩阵

## 水生态空间维度

文明建设维度

	青色山体区	灰色聚集区	蓝色水域区
绿色引导	<ul style="list-style-type: none"><li>水源涵养</li><li>水土保持</li><li>绿色矿山与修复</li><li>绿色水电开发</li><li>生态种养植</li><li>生态清洁流域建设</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>水资源合理配置</li><li>节水型社会建设</li><li>点面源污染治理</li><li>低影响开发与海绵城市建设</li><li>绿色文化培育</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>河流开发科学规划</li><li>水利工程生态化建设</li><li>水利生态化调度</li><li>水环境治理</li><li>水生态保护与修复</li><li>水景观建设</li></ul>
红色管控	<ul style="list-style-type: none"><li>生态保护红线划定</li><li>各类保护区划定</li><li>水源地与水源涵养区管控</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>主体功能区管理</li><li>水资源三条红线</li><li>污染物排放总量</li><li>城市规划红线</li><li>承载力监测预警</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>蓝线划定与管控</li><li>入河排污总量控制</li><li>生态流量管控</li><li>水域空间与用途管控</li><li>地下水水量水位双控</li><li>水生态环境监控预警</li></ul>



## II、五色共融实现关键技术

# 五色共融六大关键技术

- 1、水有关生态保护红线划定技术（红\*青-蓝）
- 2、生态清洁小流域建设技术（绿\*青-灰-蓝）
- 3、水资源合理配置与高效利用技术（绿\*灰）
- 4、水污染的全过程防控技术（红\*灰）
- 5、水利工程生态影响减缓技术（绿-红\*蓝）
- 6、生物栖息地保护修复技术（绿-红\*蓝）

# 1、与水有关的生态保护红线划定技术

1) 水域岸线

2) 饮用水源保护区

3) 蓄滞洪区

4) 水源涵养和水土保持区

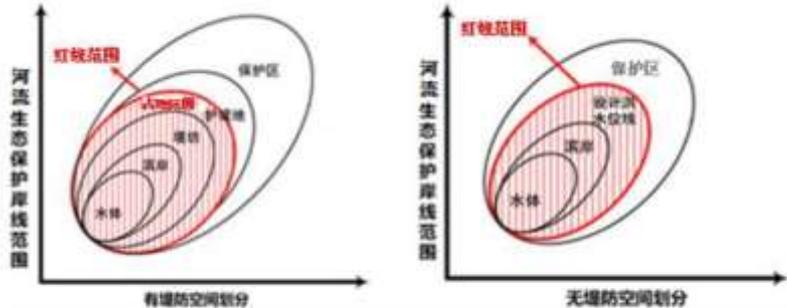
# 1) 水域岸线划定



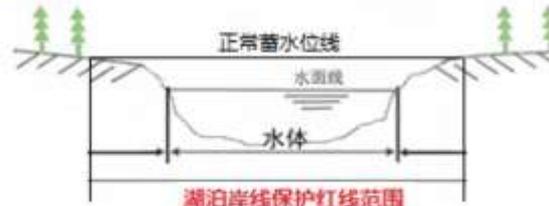
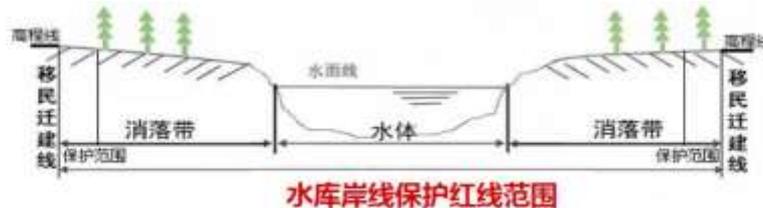
河流岸线保护红线范围（纵向）

➤ **河流：**纵向上将岸线保护区纳入红线范围；横向上将两岸临水控制线之间水域、沙洲、滩地、行洪区等纳入生态保护红线范围

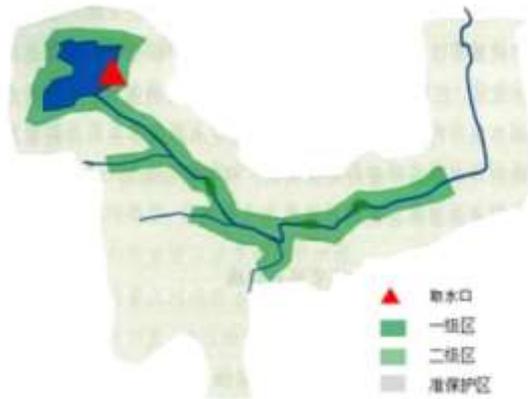
➤ **湖库：**水库移民迁建线以下的水库水域、水库岸线工程管理占地；湖泊正常蓄水位（多年平均水位）以下的水域和岸线纳入生态保护红线范围



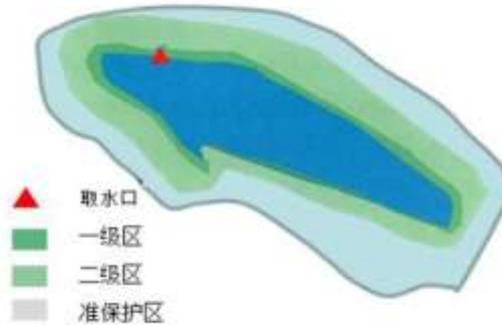
河流岸线保护红线范围（横向）



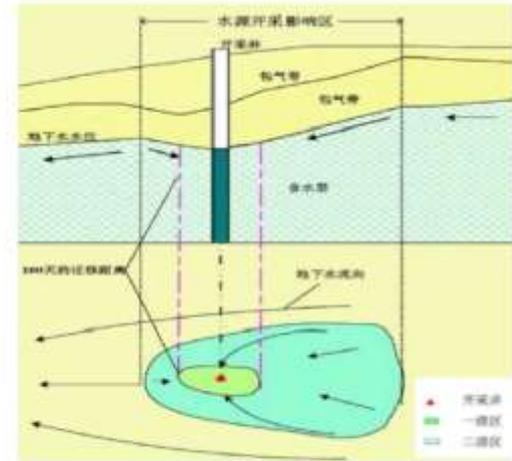
## 2) 饮用水水源保护区划定



河流型饮用水水源保护区



湖库型饮用水水源保护区



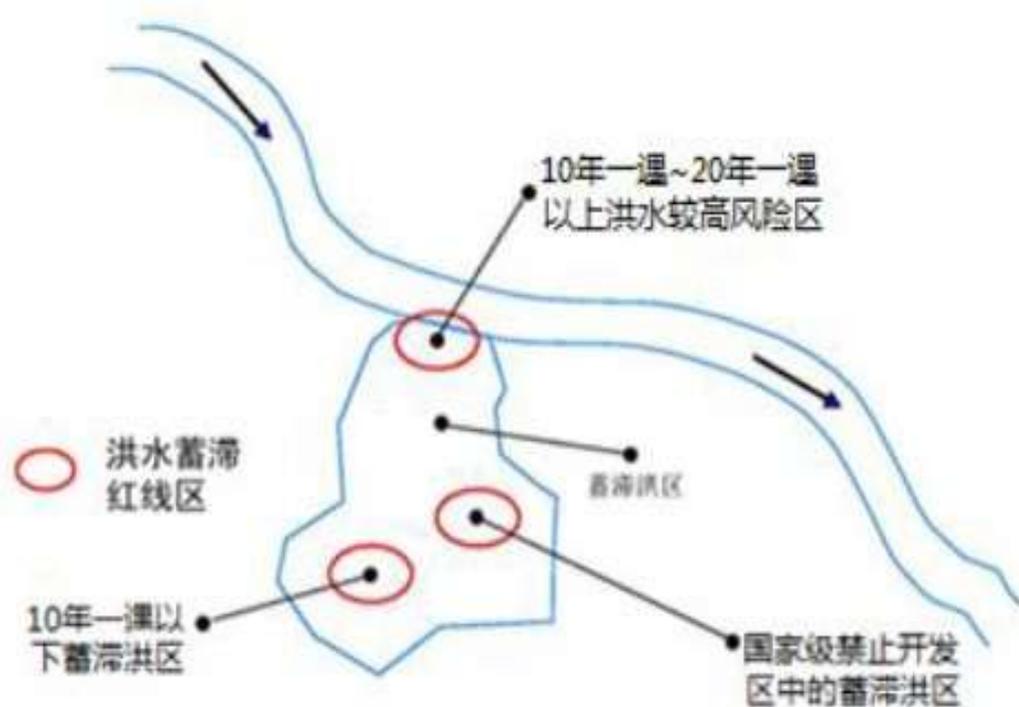
地下水饮用水水源保护区

➤ **已划定保护区的地表水和地下水饮用水水源地**，将一级水源保护区外缘线以内水域和陆域范围、饮用水源地工程管理占地范围划定为红线范围。二级水源保护区，应开展重要性评估，评估结果为重要和特别重要的保护区外缘线以内的水域和陆域划定为红线范围。

➤ **对于未划定保护区的重要饮用水水源地**，应先按照《饮用水源保护区划分技术规范》要求划定保护区，再参照上述要求划定红线范围。

### 3) 蓄滞洪区管控红线

- 将**国家级禁止开发区域**中的蓄滞洪区纳入生态保护红线范围。
- 对大江大河及其重要支流的蓄滞洪区，将启用标准在**10年一遇以下**的蓄滞洪区域全部纳入生态保护红线范围；对启用标准10年一遇以上的蓄滞洪区，视其生态功能保护需要纳入生态保护红线范围。



## 4) 水源涵养和水土保持区

### 江河源头区

- 禁止开发区域范围内江河源头区
- 全国重要江河湖泊水功能区中的源头水保护区对应的陆域集水区

### 水源补给区

- 筛选对水源补给区的环境胁迫因子，并进行影响程度评价，确定水源补给区的生态保护红线范围

### 水土保持

- 具有重要水土保持生态功能的区域
- 水力侵蚀评估为重度或极度的水土流失敏感脆弱区

## 2、生态清洁小流域建设技术

构筑“生态修复、生态治理、生态保护”三道防线（北京市）。



**第一道防线：生态修复区**管理目标达到“六不准”（不准施用化肥、不准施用农药、不准倾倒垃圾、不准养殖、不准耕种、不准开矿）。

**主要措施：封育保护、生态移民、生态补偿。**



第一道防线：生态修复区

第二道防线：生态治理区

第三道防线：生态保护区

**第二道防线：生态治理区：** 1) 新建开发建设项目编制并落实水土保持方案； 2) 污水处理设施正常运行，污水处理后达标排放； 3) 垃圾定期清运，村庄环境整洁，无乱堆乱放现象； 4) 水保设施无人为毁坏，工程效正常发挥用。



第一道防线：生态修复区

第二道防线：生态治理区

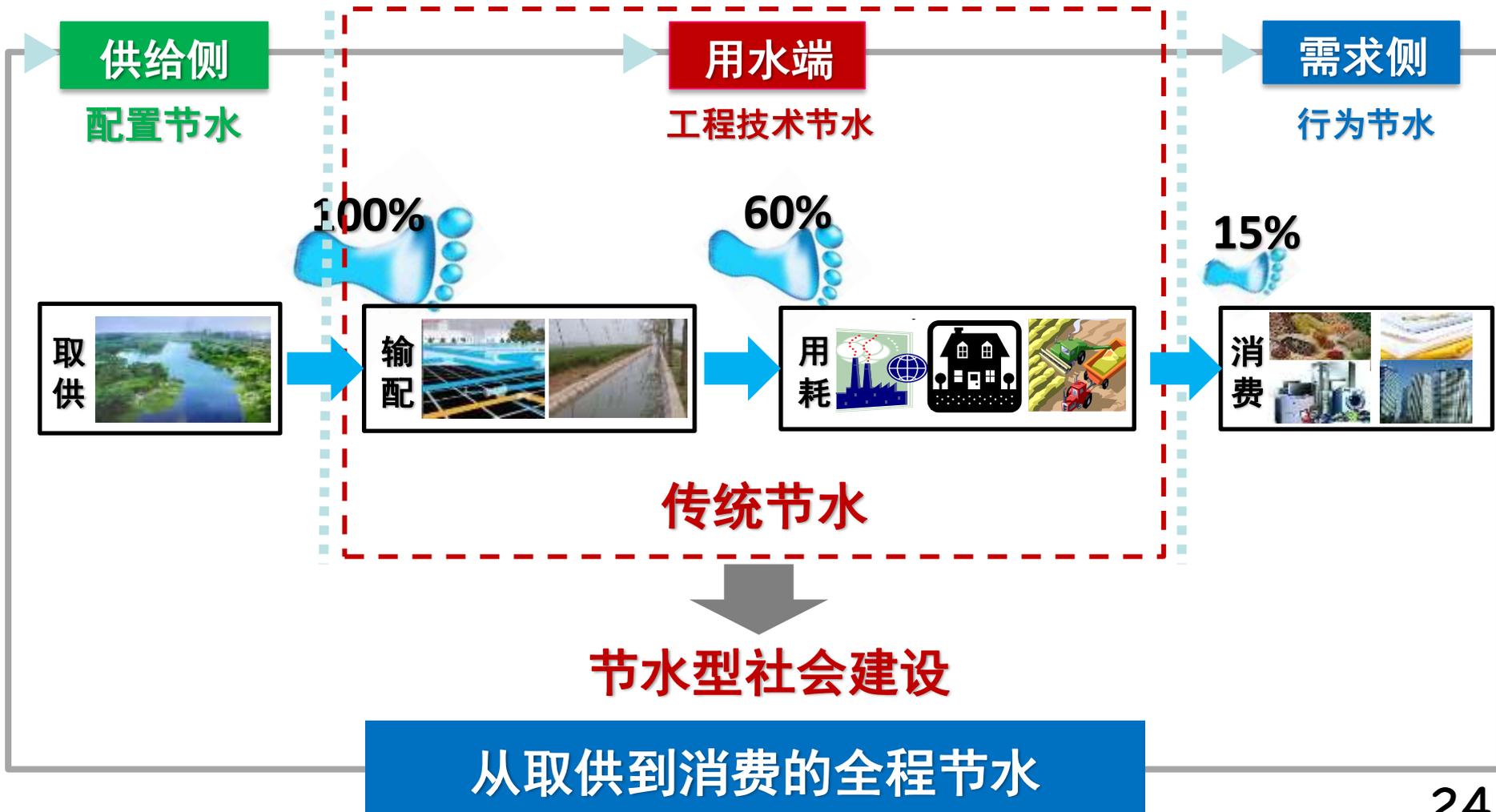
第三道防线：生态保护区

**第三道防线：生态保护区：**1) 无乱占河（沟）道；2) 无乱采砂石；3) 无垃圾堆放；4) 无未达标处理的污水排入。

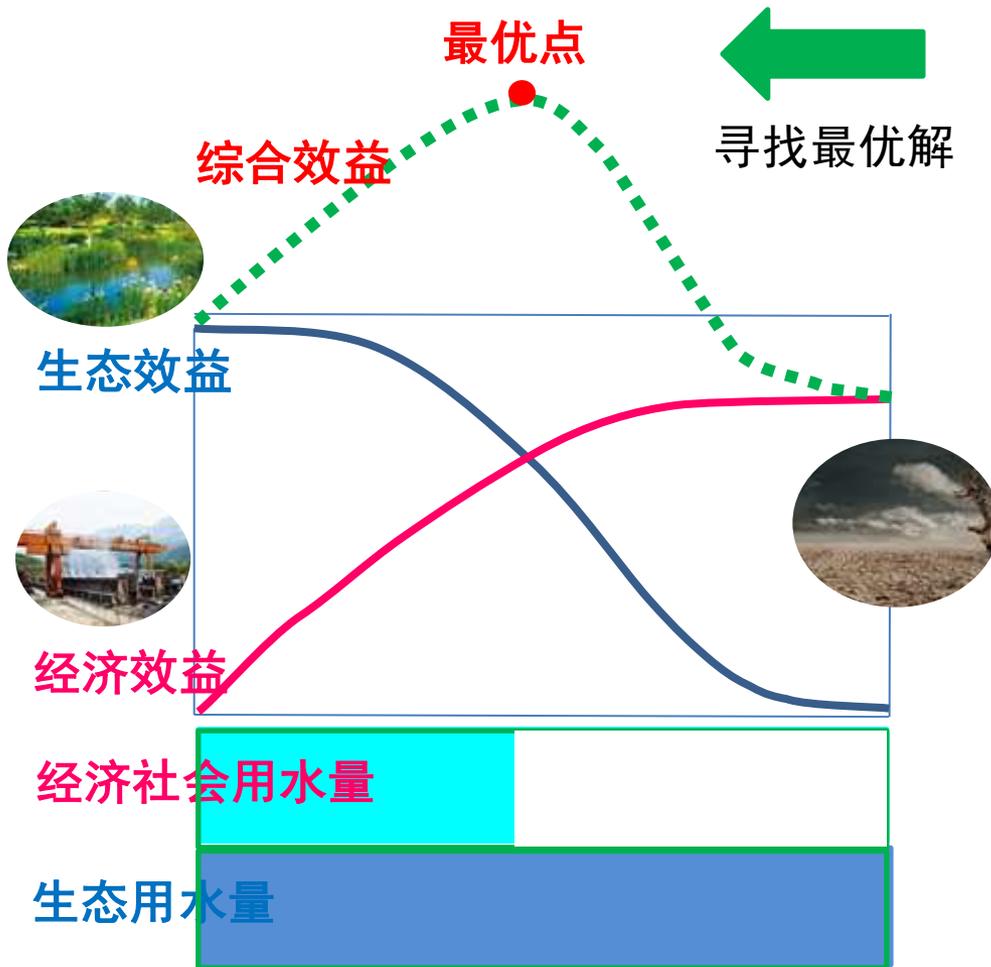
**技术措施：**1) 防护坝；2) 河(库)滨带治理；3) 湿地恢复；4) 沟道清理。



### 3、水资源合理配置和高效利用技术



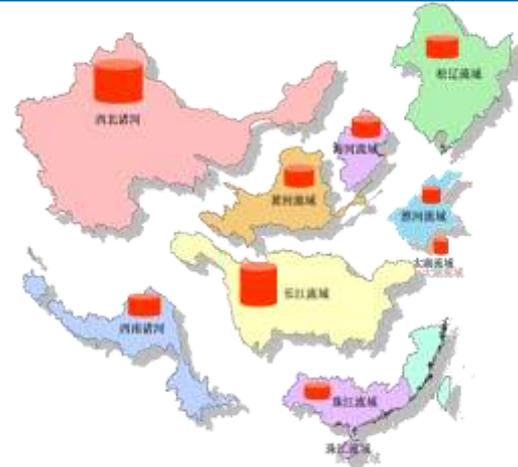
➤ 在取供水环节，突破社会水循环源头端水效率解析与提升方法，建立基于生态-经济效益比较界定水资源配置效率函数。



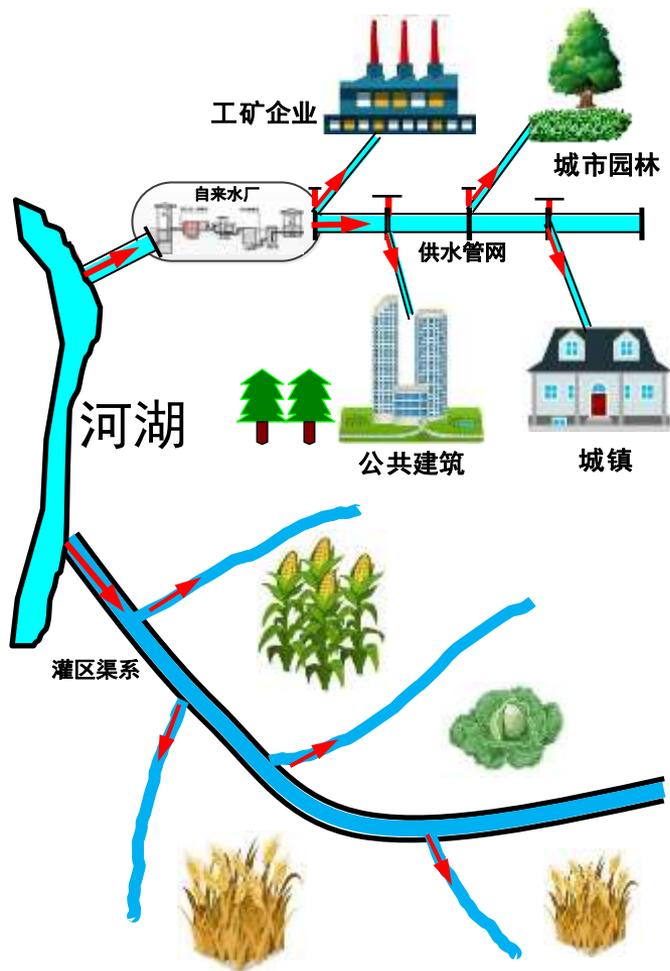
源头节水边际效益控制函数

$$\begin{aligned}
 \text{Max } f^\pm &= \sum_{i=1}^m \alpha \forall S(\varphi) x_i^\pm \\
 \eta_{\sum_{i=1}^m \alpha \forall S(\varphi) x_i^\pm}(\sigma^\pm) &= \begin{cases} L\left(\frac{\sum_{i=1}^m d(\varphi) x_i^\pm - \sigma^\pm}{\sum_{i=1}^m \alpha \forall \gamma^\pm x_i^\pm}\right), & \text{if } \sigma \leq \sum_{i=1}^m d(\varphi) x_i^\pm \\ R\left(\frac{\sigma^\pm - \sum_{i=1}^m d(\varphi) x_i^\pm}{\sum_{i=1}^m \alpha \forall \delta^\pm x_i^\pm}\right), & \text{if } \sigma > \sum_{i=1}^m d(\varphi) x_i^\pm \end{cases}
 \end{aligned}$$

全国分流域用水总量控制值

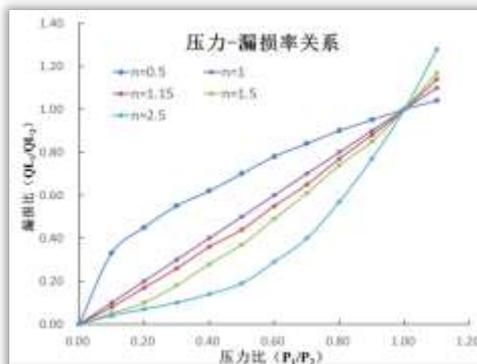


➤ 在输配水环节，建立以漏损参数和结构参数为基本变量的输配水效率表征函数，形成复杂输配水系统效率评价与调控方法。

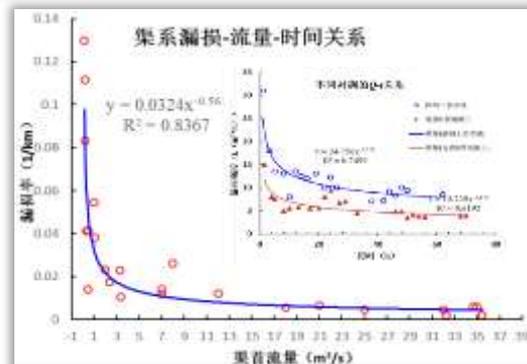


提出输水系统效率 (M段+N节点) 函数式：

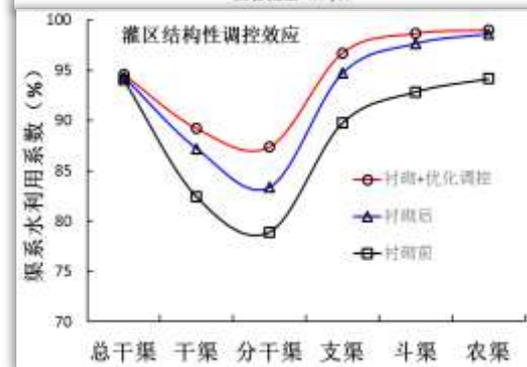
$$\eta_{\text{输配}} = g(\varphi, \omega) = 1 - \left( \sum_{i=1}^M QLS_i + \sum_{j=1}^N QNS_j \right) / QW_{\text{sum}}$$



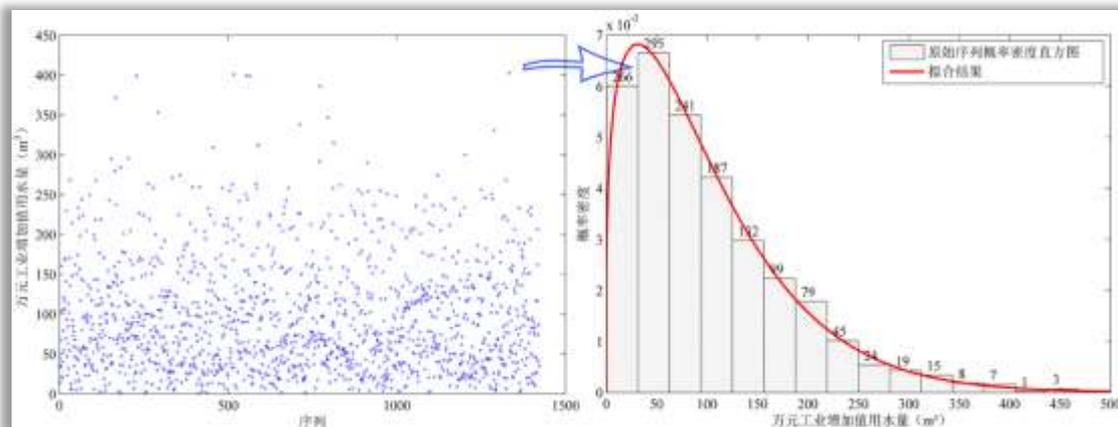
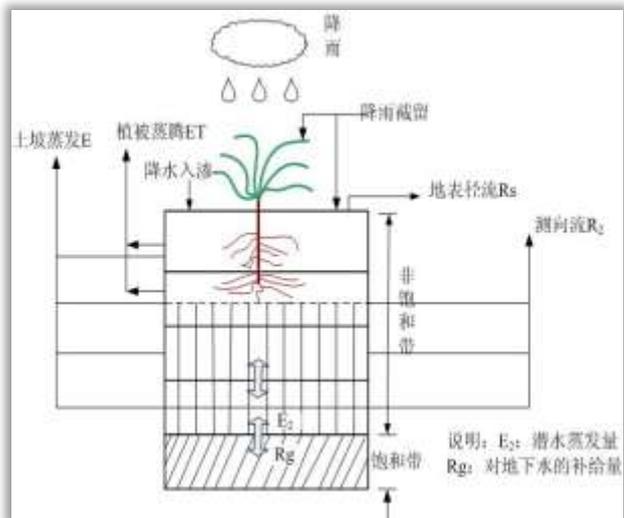
输配系统漏损参数



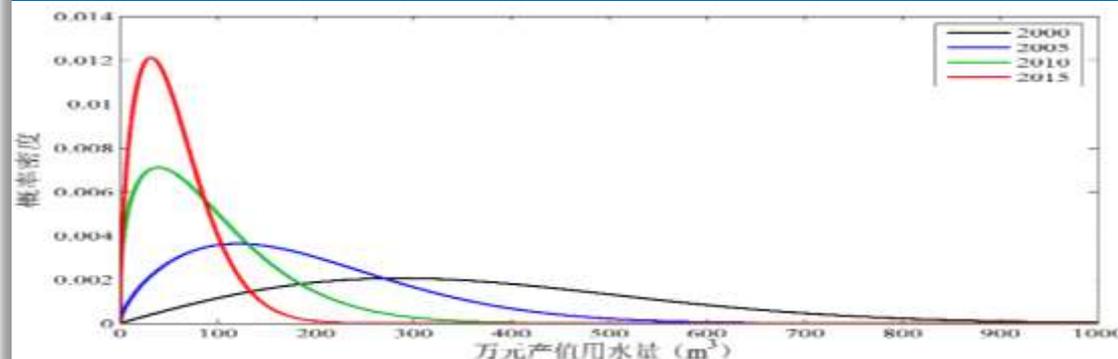
结构优化调控效应



➤ 在用耗水环节，基于农业、工业和服务业用耗水机理解析，创新不同尺度用水效率提升技术，研发分行业节水新技术、工艺与设备。



全国工业用水效率概率分布



全国工业用水效率演进过程

全生育期耗水转化效率函数

$$WUE = \text{crop yield} / ET$$

$$\frac{dY}{dET} = (aET^2 + bET + c)' = 2aET + b$$

$$\eta_{\text{转化}} = \frac{WUE_{\text{实际}}}{WUE_{\text{理想}}}$$

# 在终端消费环节，研发实体水消费环节节水技术，发展消费品水足迹和虚拟水流通核算方法，形成绿色消费和优化贸易等节水新路径。

## 粮食浪费



中国每年生产的粮食浪费量至少达到了

35%

### 餐桌外

(存储、运输和加工环节) 损失浪费粮食

3500万吨

≈ 我国粮食总产量的 6%

### 餐桌上

1碗米饭=2000L水

我国每年浪费能源4亿吨标准煤左右，占到能源生产量的12%~16%

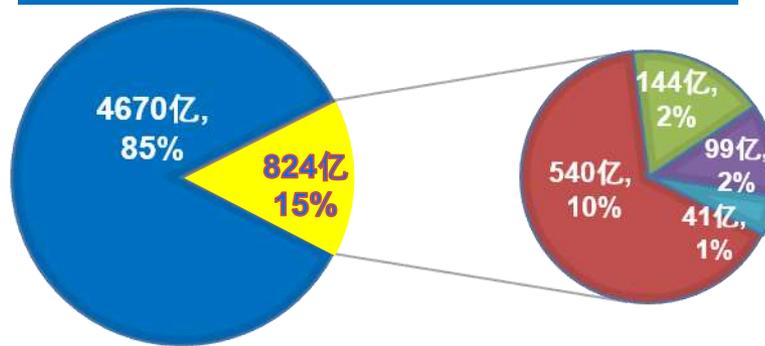
## 能源浪费

1度电=15L水

## 产品浪费

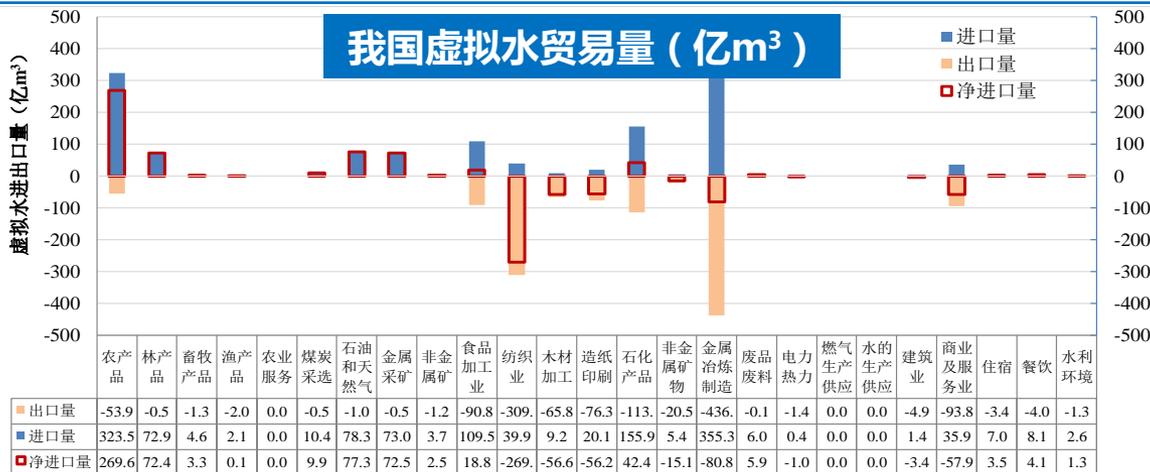
1张A4纸=10L水  
1双皮鞋=8000L水

## 消费品浪费引起的虚拟水损失 (m<sup>3</sup>)

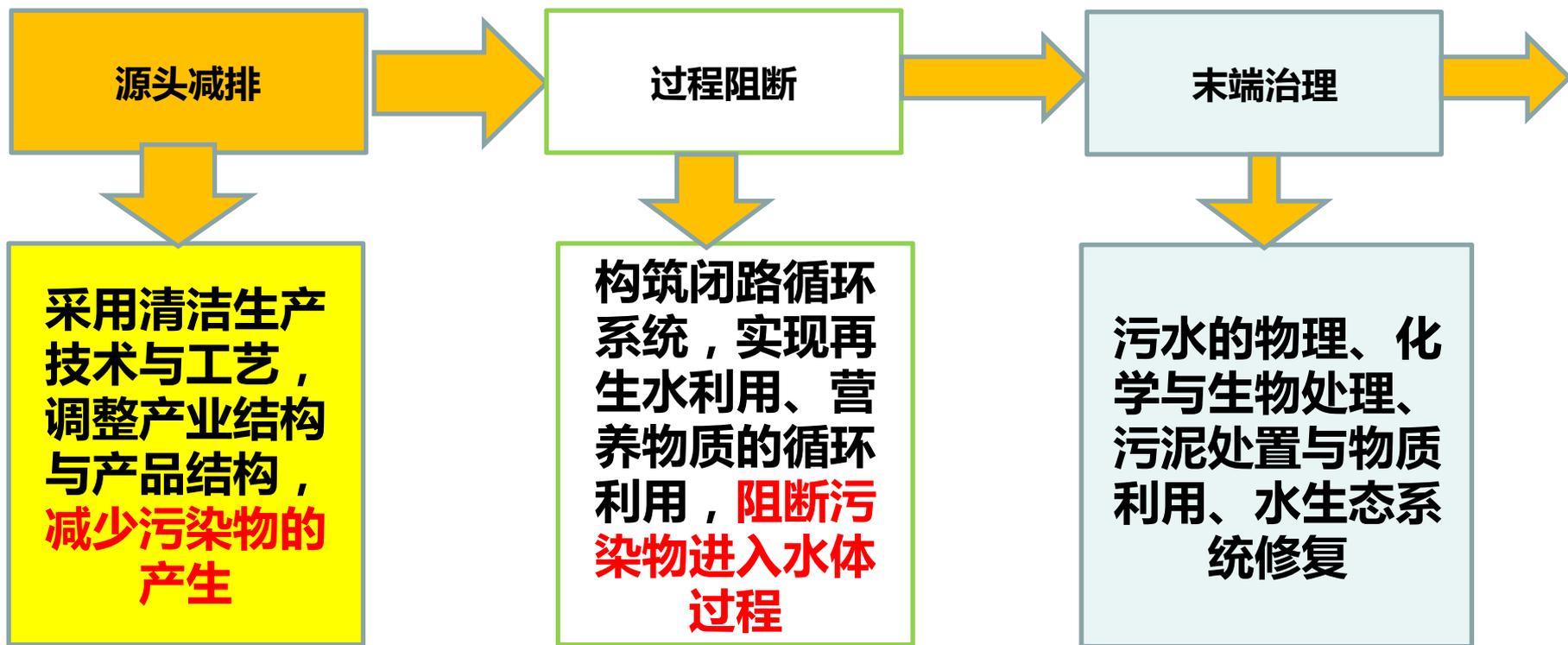


- 消费品水足迹
- 农产品虚拟水损失
- 能源及工业品虚拟水损失
- 建筑产品虚拟水损失
- 其他产品虚拟水损失

## 我国虚拟水贸易量 (亿m<sup>3</sup>)



## 4、水污染的全过程防控技术



转变传统“末端治理”为主的思路，建立从陆域到水体全过程污染消减与防控成套技术，从而最大化减少污染排放对流域下游的干扰和冲击。

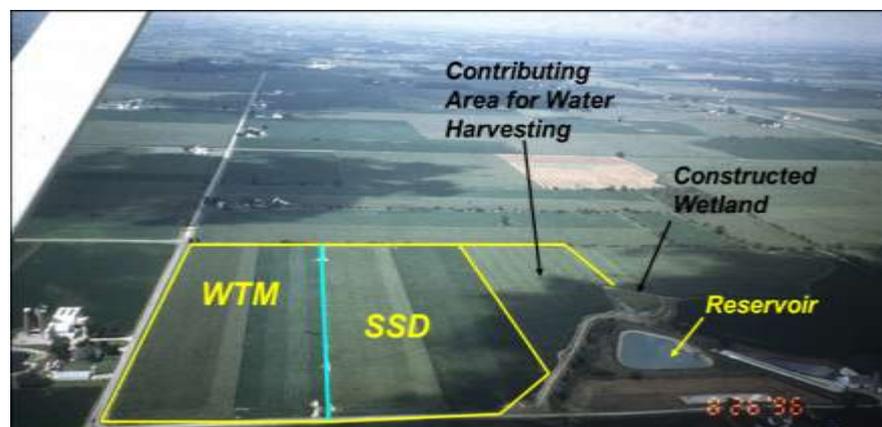
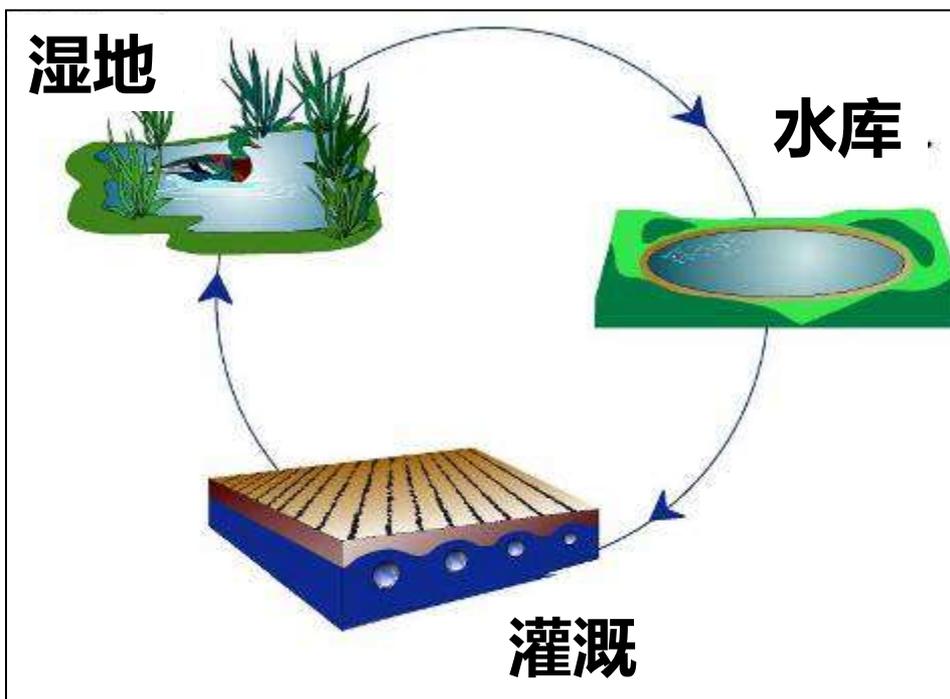
# (1) 源头减排关键技术

## ——源分离与清洁生产技术

- 城市单元**
  - 城镇截污纳管，雨污分离；
  - 实行污染物源头分离，营养物利用。
- 农村单元**
  - 农村生活污水收集再利用；
  - 农村垃圾集中收集；
  - 种植科学施肥用药，推广节水灌溉、有机农业、设施农业；
  - 畜禽养殖实现规模化、工厂化；

## (2) 过程阻断关键技术

### ——农业污染过程阻断



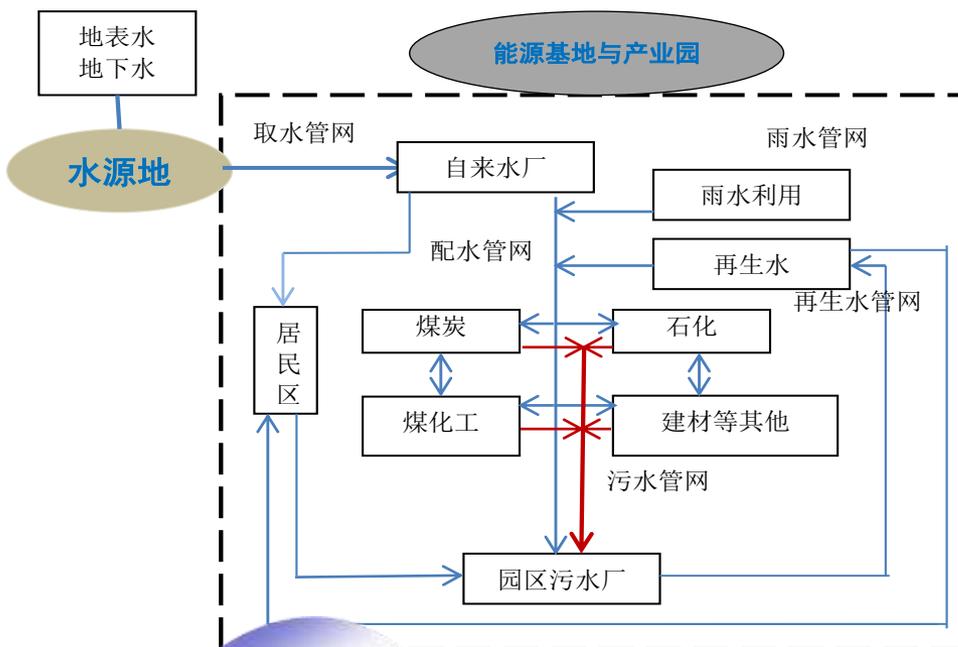
**灌溉-排水-湿地农田综合管理系统。**

通过修建田间湿地，结合农田地下排水系统，实现农业灌溉水循环净化。

灌溉-排水-湿地农田综合管理系统

# (2) 过程阻断关键技术

## ——工业污染过程阻断



超纯水 → 半导体芯片制造

去离子水 → 生物或制药工艺

饮用水 → 食品等

清洗水 → 化学原料等

污水回用

如下一级使用的水质要求较低，可利用上一级用后的出水，形成污废水利用的多个产业链条

回收资源 治理

回收能源

## (2) 过程阻断关键技术

### ——分布式生态型污水处理

分布式处理站采用生态建设方式，截留污水就地处理、就地补入水体。

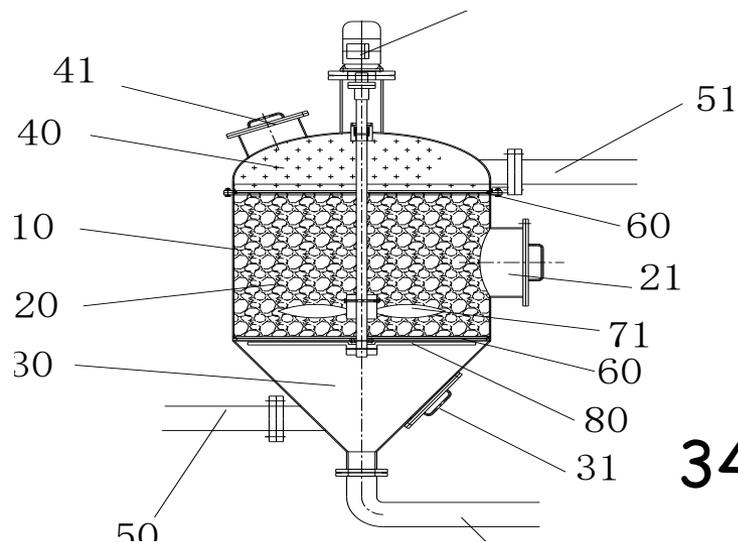
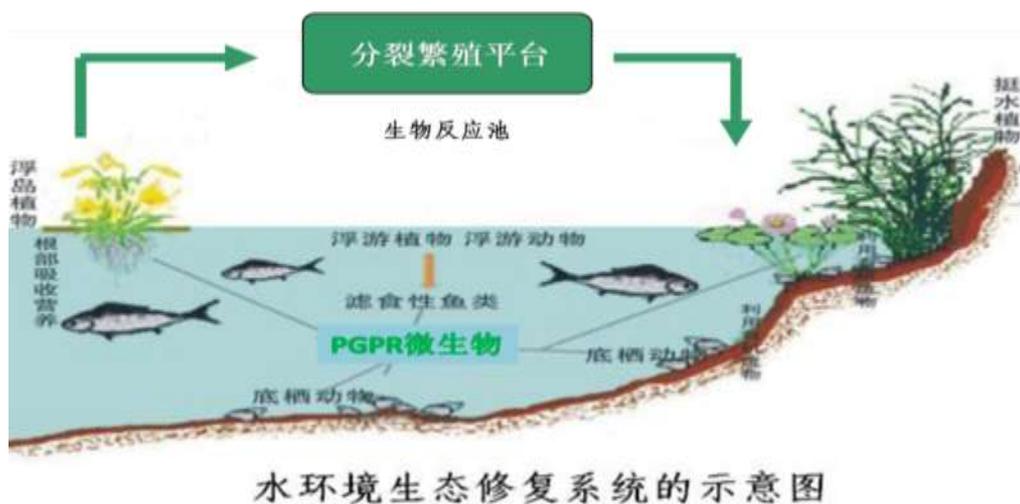


- 出水好：**准IV类水，透明度高；
- 占地省：**仅为传统污水厂占地的1/10，且可与社区零距离接触，无臭气，无噪音，选址易；
- 运行省：**耗电0.5度/t，运维0.5元/t，为传统的一半；
- 投资省：**节省长距离污水收集管道建设成本；
- 利用易：**零转输，利于生态补水。

# (3) 末端治理关键技术

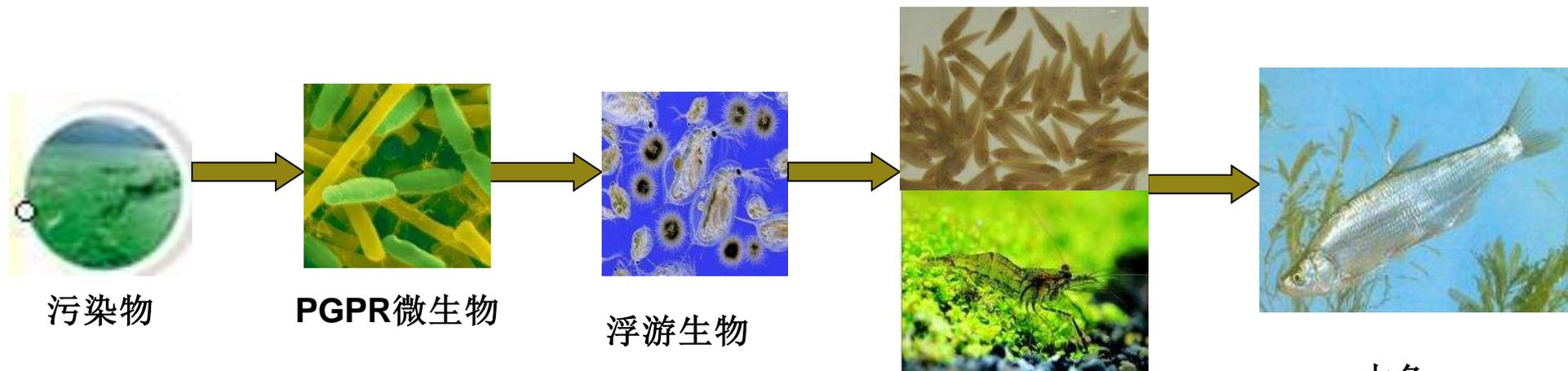
## —— 原位生态修复技术

**生物酶激活：**水体里有几百种微生物，潜在可以降解总磷氨氮和COD的有300种左右，其中有几十种降解效率更高。制备能激活这几十种高效降解微生物的活性酶并放入培养箱中，将自然水体引入培养箱，大量激活水里原本就有的土著微生物。

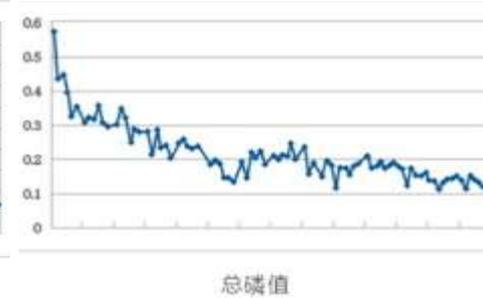
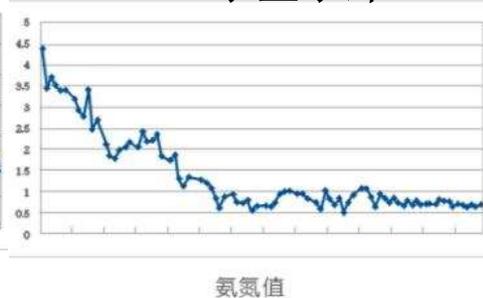
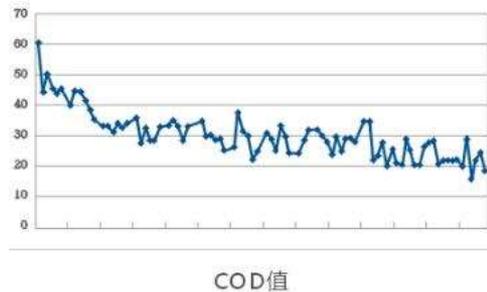
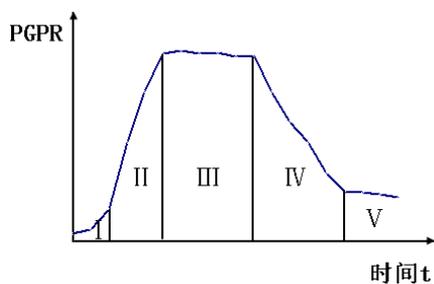


# (3) 末端治理关键技术

## 原位生态修复技术



### 食物链的形成



PGPR微生物生长和水质指标COD、氨氮、总磷随时间变化示意图

## ( 3 ) 末端治理关键技术

### 三大效应

#### 提高透明度

- 阳光进水里，水里固有的孢子发生光合作用，长出植物，自主重建植物系统

#### 释放氧气

- 被激活的微生物在新陈代谢过程中，大量释放氧气，使水里的氧气近乎为零增加到10%以上，
- 浮游生物、底栖生物、鱼类产量增加20%以上
- 自主重建动物系统

#### 清理底泥

- 微生物不但降解水中污染物，并降解底泥厌氧菌包膜，使厌氧菌不再不断释放甲烷而产生黑臭
- 包膜被土著微生物降解以后，底泥露出本色，或者黄壤或者红壤

## 5、水利工程生态影响减缓技术



水利工程对河湖水生态系统的影响

## 5、水利工程生态影响及减缓

### (1) 水流流态变化影响

- 脉冲流量过程削弱降低了水文情势变化对于鱼类洄游产卵的刺激作用。根据在呼玛河对于雅罗鱼的洄游习性实验，发现刺激雅罗鱼洄游的最小流速是 $0.15\text{m/s}$ ，其洄游路线的极限最大流速是 $0.7\text{m/s}$ 。
- 水体流速下降导致漂流性鱼卵下沉，不能顺利孵化。相关研究表明，当水流平均流速 $\geq 0.25\text{m/s}$ 的情况下，漂流性卵才能不下沉。

### 减缓措施：水利工程生态调度



## 5、水利工程生态影响及减缓

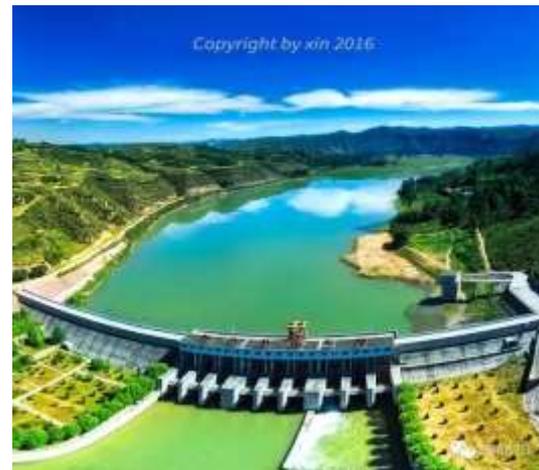
### (2) 水域空间变化影响

- **纵向连通性的降低**阻隔了鱼类洄游通道，并限制了漂流性鱼卵的孵化飘程。漂流性卵在0.25m/s的最小流速下，以平均孵化时间7天计算，至少需要**150km**的飘程阈值来保证鱼卵孵化。

#### **减缓措施：鱼道建设与干支流联合保护**

- **横向漫滩湿地的淹没和消落**降低了粘性鱼卵的附着空间与孵化几率。
- **垂向水域深度增加**造成底质环境变化，喜浅水鱼类的生境大幅消失。

#### **减缓措施：建设人工浮岛和漂浮人工湿地**



## 5、水利工程生态影响及减缓

### (3) 水体温度变化影响

- 库区“跃温层”年内水温差大幅减少，水体保持相对恒温，呈现“冬暖夏凉”现象，致使某些**深水区冷水鱼类**物种消失；
- 库区截水泄流，**整体下泄水体水温下降**，导致**鱼类生长速度下降**，不利于越冬存活；
- **春夏季下泄水温低于河流水温**，造成**鱼类产卵繁殖延后**，孵化积温不足，繁殖成功率下降或失败。

**减缓措施：分层取水（高低进水口、双层进水口和叠梁门取水）**



## 5、水利工程生态影响及减缓

### (4) 水质和悬移质变化影响

- 溶解氧（DO）不足和总溶解气体（TDG）过饱和均对鱼类生存构成巨大威胁。在库底水层，氧补充不足，浮游生物死亡于库底，产生大量硫化氢，形成**缺氧区**。在坝下河道，水库泄流消能造成水流气体过饱和，鱼类吸入后易患“**气泡病**”，危及鱼类生命。
- 营养盐、污染物伴随泥沙在库区沉降，存在爆发风险。库区水流变缓，水体挟沙能力减弱，附着大量营养盐、有机物、甚至有毒有害物质的泥沙颗粒在**库底淤积**，短时间内扩散会形成“内源”污染。

**减缓措施：关键时期适当降低水库运行水位，开展TDG调控**



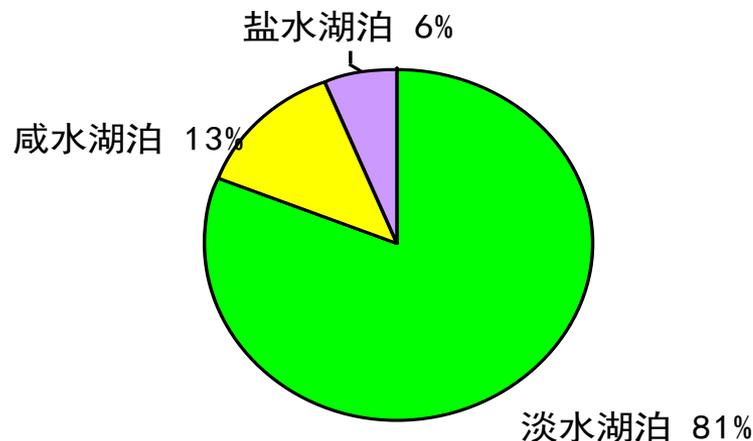
## 6、生物栖息地保护与修复技术

### —— 湖泊萎缩

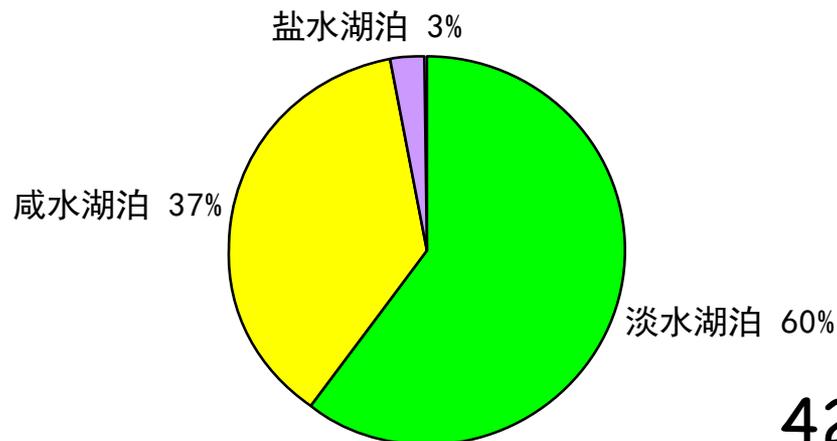
从建国初期到本世纪初，全国大于10km<sup>2</sup>湖泊中：

- 142个萎缩，面积减少9574km<sup>2</sup>，蓄水量减少516亿m<sup>3</sup>；
- 94个干涸，面积减少4327km<sup>2</sup>
- 萎缩和干涸合计减少面积15%
- 主要发生在长江、西北和海河

面积减少比例

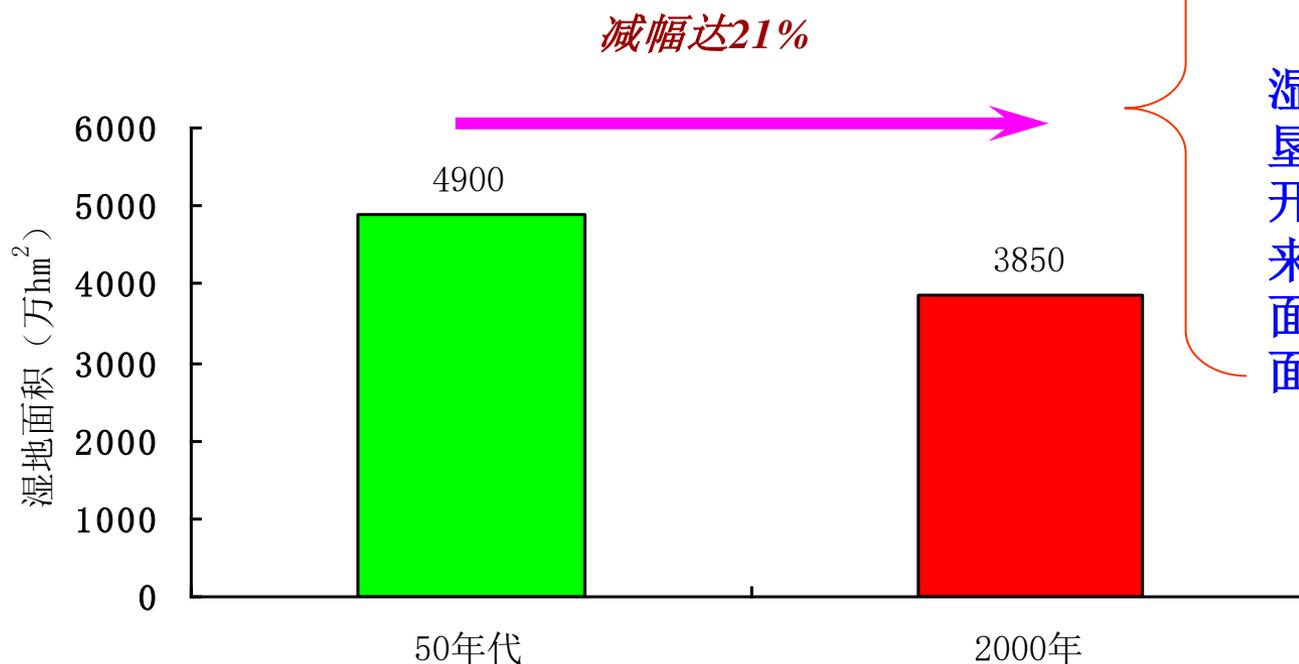


蓄水量减少比例



## 6、生物栖息地保护与修复技术

### —— 湿地面积减少



湿地减少主要在东北三江平原、西北内陆河流域和长江中下游平原

湿地减少主要原因是围垦与不合理的水土资源开发及气候变化, 50年来, 由于围垦减少湿地面积973万hm<sup>2</sup>, 占减少面积的93%

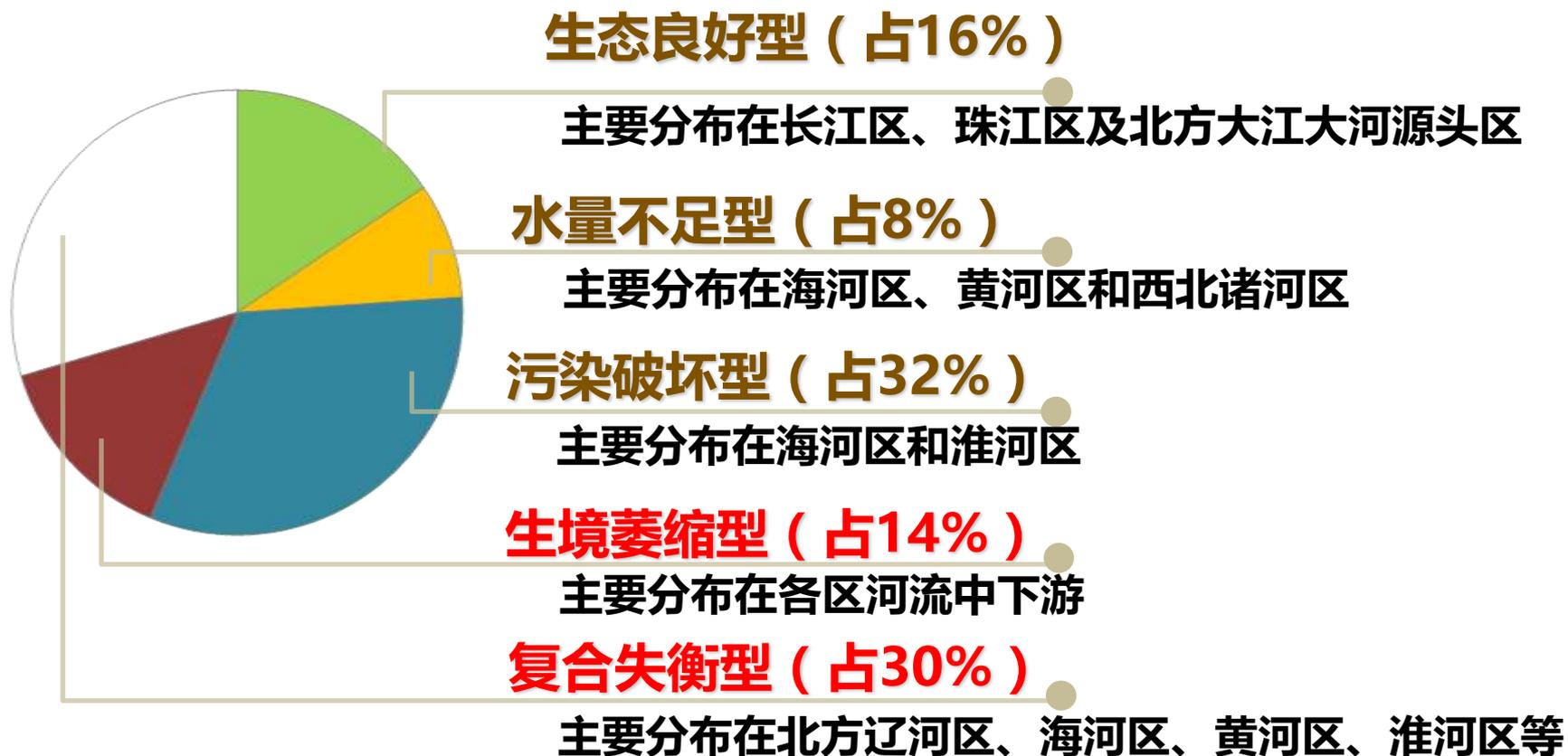
# 我国河湖水生生态现状评价

**评价范围：**全国共调查评价河流673条，水库97座，湖泊湿地99个，评价总河长14.5万km，评价湖库面积3.6万km<sup>2</sup>。

## 水生生态状况评价指标

	指标名称	准则层	指标说明
1	生态需水满足状况	水文水资源	评估河流实测流量是否满足根据河流生态功能及敏感生态保护目标需求确定的生态基流或敏感生态需水目标流量值
2	水功能区水质达标率	水环境状况	水功能区水质达到其水质目标的数量（河长、面积）占水功能区总数的比例
3	湖库富营养化状况		评价湖泊、水库水体富营养化程度
4	纵向连通性	河湖生境形态	在河流系统内生态元素在空间结构上纵向联系
5	重要湿地保留率	生物及栖息地状况	规划区域内重要湿地在不同水平年的总面积与80年代前代表年份水体总面积的比值。
6	重要水生生境状况		国家重点保护的、珍稀濒危的、土著的、特有的、重要经济价值的鱼类种群栖息地状

# 我国水生态评价结果与问题类型



我国多数河流中下游持续存在生态水量不足、水质污染、**生境阻隔**、**湿地萎缩**和河湖生态系统恶化问题。

## 6、生物栖息地保护与修复技术

### —— 应对措施

- ✓ 种质资源保护区等各类保护区的设立
- ✓ 河湖蓝线的划定与封育
- ✓ 河湖生态流量（水位）的保障
- ✓ 河流地貌纵向、横向、平面的三维空间异质性维持

#### 纵向

- 大中型河流上中下游流经山区、丘陵和平原不同地貌区域

#### 横向

- 河流横断面具有多样性特征，形成**主槽**、**边滩**、**江心洲**、**季节性沼泽**等多样性地貌条件

#### 平面

- 河流平面形态多样性，表现为**蜿蜒型**、**辫状型**、**网状型**等多种河型

# 四、济南试点五色共融实践



济南地处我国南北过渡区，横跨海河、黄河、淮河，以“泉”著称，近年来缺水和水生态退化问题凸显，保泉压力大，2012年10月被国家批准为全国**首个水生态文明建设的试点城市**。

趵突泉



黑虎泉



## 水利部文件

水规计〔2012〕404号

### 关于确定济南市为全国水生态文明建设的试点城市的通知

山东省水利厅、济南市人民政府：

为深入贯彻落实党中央加快水利改革发展决策部署和国务院关于开展国家水生态文明试点城市的通知精神，加强水资源节约与保护，促进人水和谐，建设生态文明，经研究，确定济南市为全国水生态文明建设试点城市。通过先行先试，为全国水生态文明建设积累经验，发挥示范引领作用。现将有关事项通知如下：

一、济南市是闻名遐迩的“泉城”，自然风貌独特、文化底蕴深厚。随着济南市“一城三区”发展格局的逐步形成，济南市水资源

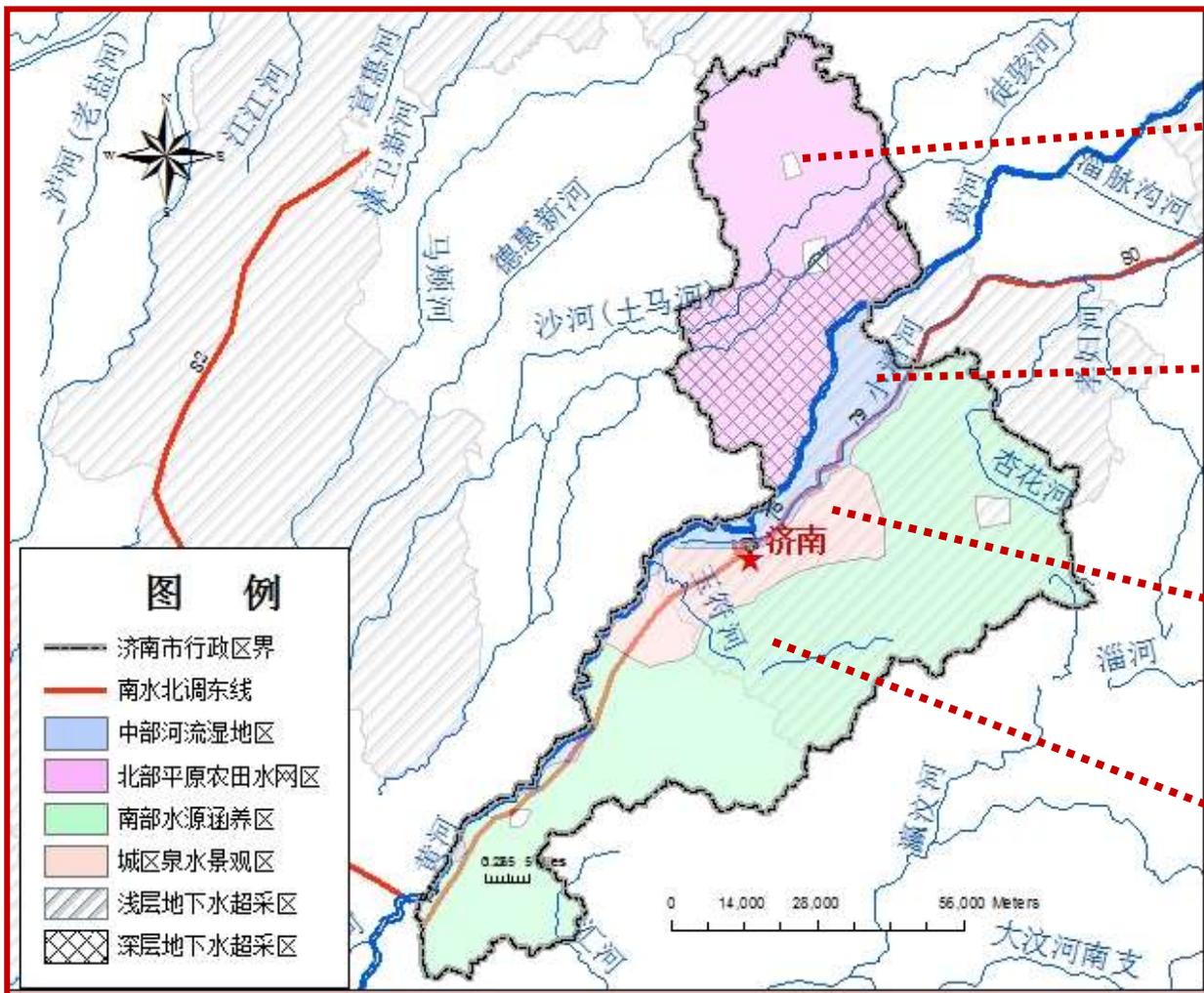
珍珠泉



五龙潭



济南水生态文明建设以“保泉”为核心，维护“四稳定”，即水源补给稳定、径流流畅稳定、排泄通路稳定、水质良好稳定。



北部平原水网生态功能区，  
提高“网”的效益

沿河湿地保育生态功能区，  
发挥“净”的作用

城市泉水景观生态功能区，  
彰显“景”的特色

南部山地生态屏障功能区，  
强化“补”的功能

济南市水生态文明建设空间格局

# 8 大措施促进5色共融，实现泉水持续喷涌

## 1) 划定泉水保护的4条红线（红\*青）

**保泉“四条红线”划定与管控：**划定泉水直接补给区、泉水重点渗漏带、城市河道水系、城市山体四条保泉生态控制红线，着力构建“点-线-带-区”的泉水补给系统保护格局。调查确定24条重点渗漏带，针对不同渗漏带特点采取针对性保护措施；划定610.9km河道，82座水库，4条输水渠道，165座山体的保护红线，并提出具体的管控措施。



## 2) 强化南部山区水源涵养 ( 绿\*青 )

南部山区治理水土流失面积**319km<sup>2</sup>**；实施了大佛峪等清洁型小流域治理工程**42项**，种植经果林**3460ha**，营造水保林**4470公顷**，实施封禁**6500公顷**；进行二环南路道路绿地等改造提升、小姑山等城市山体公园水源涵养，千佛山、英雄山等**雨水增渗收集利用**。

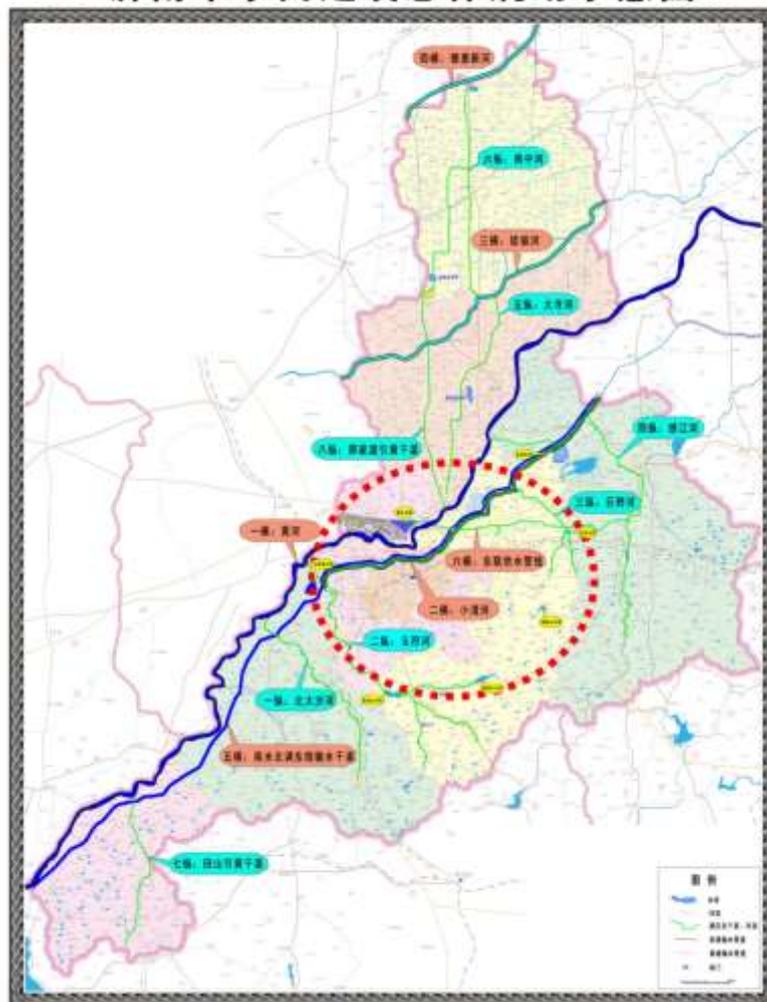


### 3) 推进市域地表大水网建设 (绿\*灰)

#### ➤ 六横连八纵、一环绕泉城

- ✓ 70余条河流清淤疏浚和拓宽整治，划设管控红线，增大河流行洪和生态空间
- ✓ 长江-黄河-当地水的水系连通、多源互给，年调度能力 (3亿 $m^3$ , >中心城区用水总量)
- ✓ 通过城区河流引水补源，必要时采取人工增强措施，增加水体流动性
- ✓ 通过近百项河湖生态保护和修复项目，形成区域水生态基础设施

济南市水网建设总体规划示意图



## 4) 全面推进点面源污染防治 (绿\*灰)



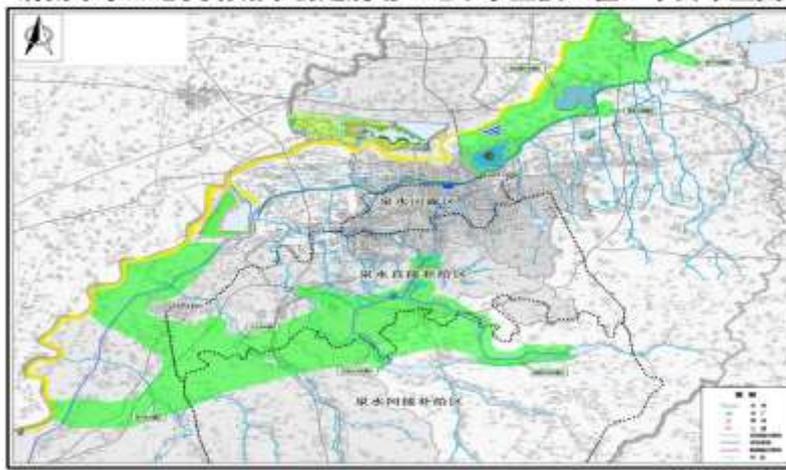
- 全面推广普及**测土配方施肥**技术，全市测土配方施肥推广面积**372万亩**，基本实现耕地全覆盖。
- 推广**生物农药**、**太阳能杀虫灯**等绿色控害控肥控药关键技术，全市专业化**统防统治**达到**130万亩次**，实施**3万亩**农业面源污染示范区建设。
- 全市规模饲养场建设污水处理设施和沼气池，小型养殖场多采用畜禽粪便进行发酵处理，全市规模养殖场畜禽粪污达标排放率达到**87.7%**。

## 5) 径流区实施地表水源替代 (红\*灰)

按照生产、生态用地地表水，生活用优质地下水的思路，实施水源替代：

- 东联供水工程向黄台电厂、炼油厂等企业供给地表水，日均置换地下水**9万m<sup>3</sup>**。
- 出台《关于推进泉域补给区高标准农田建设的实施意见》，规划实施了泉域补给区**58万亩**高标准农田建设，目前完成**37.5万亩**，减少灌溉机井**5100**多眼，年新增节水能力**2142万m<sup>3</sup>**，减少地下水开采量**2734万m<sup>3</sup>**。全市地下水灌溉面积比例由**62%**减少到**31%**。

济南市水生态文明城市创建规划（地下水置换工程）平面布置图



## 6) 针对重点区实施人工增强补给 ( 绿\*蓝 )

**调水补源：**在玉符河、兴济河、历阳湖等强渗漏带加大调水补源力度，累计达**6000万**立方米；在常规应急补源点的基础上，新增**应急补源点2处**，应急补源量达**1000万**立方米。根据地下水位变化情况及**时**对补源量进行调整。





## 8) 实施地下水位预警和分级管控 (红\*蓝)

➤ 划定**三级地下水位警戒线**，实施取水量与地下水位“**双控**”

**黄色预警：**  
**28.15m**

- 通过新闻媒体发布预警，各部门进入应急准备状态，做好人工增雨、水源置换等工作准备
- 水情、气象等情况及时报相关部门

**橙色预警：**  
**28.00m**

- 在南部山区实施人工增雨；减少地下水源供水10万m<sup>3</sup>/天，工业自备井取水减少10%
- 利用卧虎山水库每日放水回灌30万m<sup>3</sup>

**红色预警：**  
**27.60m**

- 在上述措施基础上继续减小济西、东郊水源地供水13万m<sup>3</sup>/天，工业自备井取水减少20%
- 卧虎山水库每日回灌量增加到40万m<sup>3</sup>

在上述措施综合作用下，以趵突泉为标志的泉水持续喷涌，  
济南泉城再次焕发生机……



- 2012年降水量**604**mm，泉水日涌量 **$16.99 \times 10^4$** m<sup>3</sup>/d
- 2013年降水量**736**mm，泉水日涌量 **$19.12 \times 10^4$** m<sup>3</sup>/d
- 2014年降水量**430**mm，泉水日涌量 **$14.03 \times 10^4$** m<sup>3</sup>/d
- 2015年降水量**588**mm，泉水日涌量 **$5.45 \times 10^4$** m<sup>3</sup>/d

A photograph of a traditional Chinese garden. In the foreground, there is a large, leafless tree with intricate branch structures. To the right, a white pavilion with a dark, curved roof and circular openings is visible. The background shows more trees and a misty atmosphere. The text "敬请批评指正!" is overlaid in large red characters across the center of the image.

**敬请批评指正！**

**姓名：王建华 单位：中国水科院水资源所**

**电话：010-68785615**

**邮箱：wjh@iwhr.com**