




水生生态系统服务与价值实现机制

严岩 研究员

中国科学院生态环境研究中心

2023.09.12

A scenic landscape photograph showing a calm lake in the foreground, reflecting the sky and surrounding environment. The shoreline is composed of numerous grey and brown rocks. In the background, there are dense evergreen and deciduous trees, some with autumn-colored foliage. Further back, majestic mountains with snow-capped peaks rise against a clear blue sky with a few wispy clouds.

提 纲

- 01 水生生态系统与水生生态系统服务
- 02 我国水生生态系统服务状况与问题
- 03 水生生态系统服务价值实现机制与案例



目 录

- 01 水生生态系统与水生生态系统服务
- 02 我国水生生态系统服务状况与问题
- 03 水生生态系统服务价值实现机制与案例

水生生态系统与水生态系统服务

生态系统服务

生态系统服务的意义：连接自然与社会经济系统的桥梁，生态系统纳入决策与调控的途径



- **Ecosystem services** are the conditions and processes through which natural ecosystems , and the species that make them up , sustain and fulfill human life (Gretchen Daily, 1997) .
- **生态系统服务**是自然生态系统及其所属物种支撑和维持人类生存的条件和过程。

水生态系统与水生态系统服务

生态系统的结构 - 过程 - 功能 - 服务

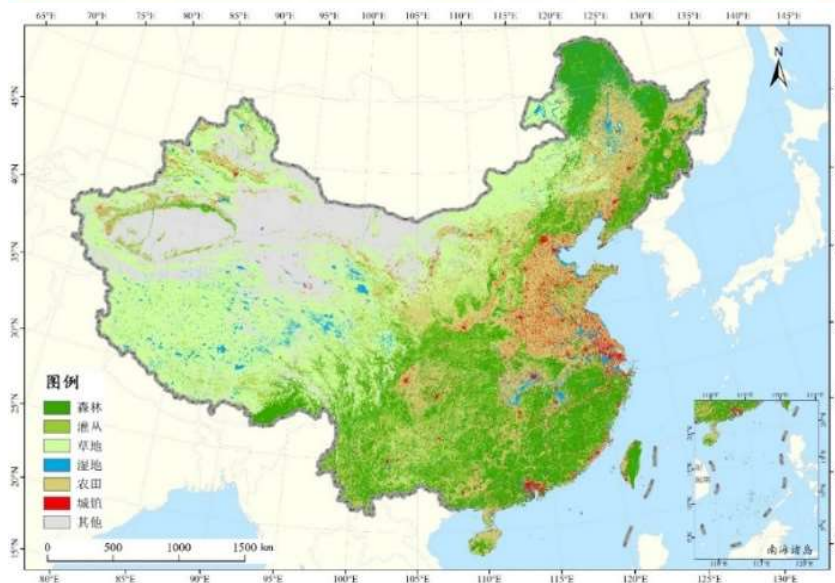
水循环与水过程

□ 水源涵养 (Water retention)

生态系统在一定的时空范围和条件下，将水分保持在系统内的过程和能力。

□ 水文调节 (Water regulation)

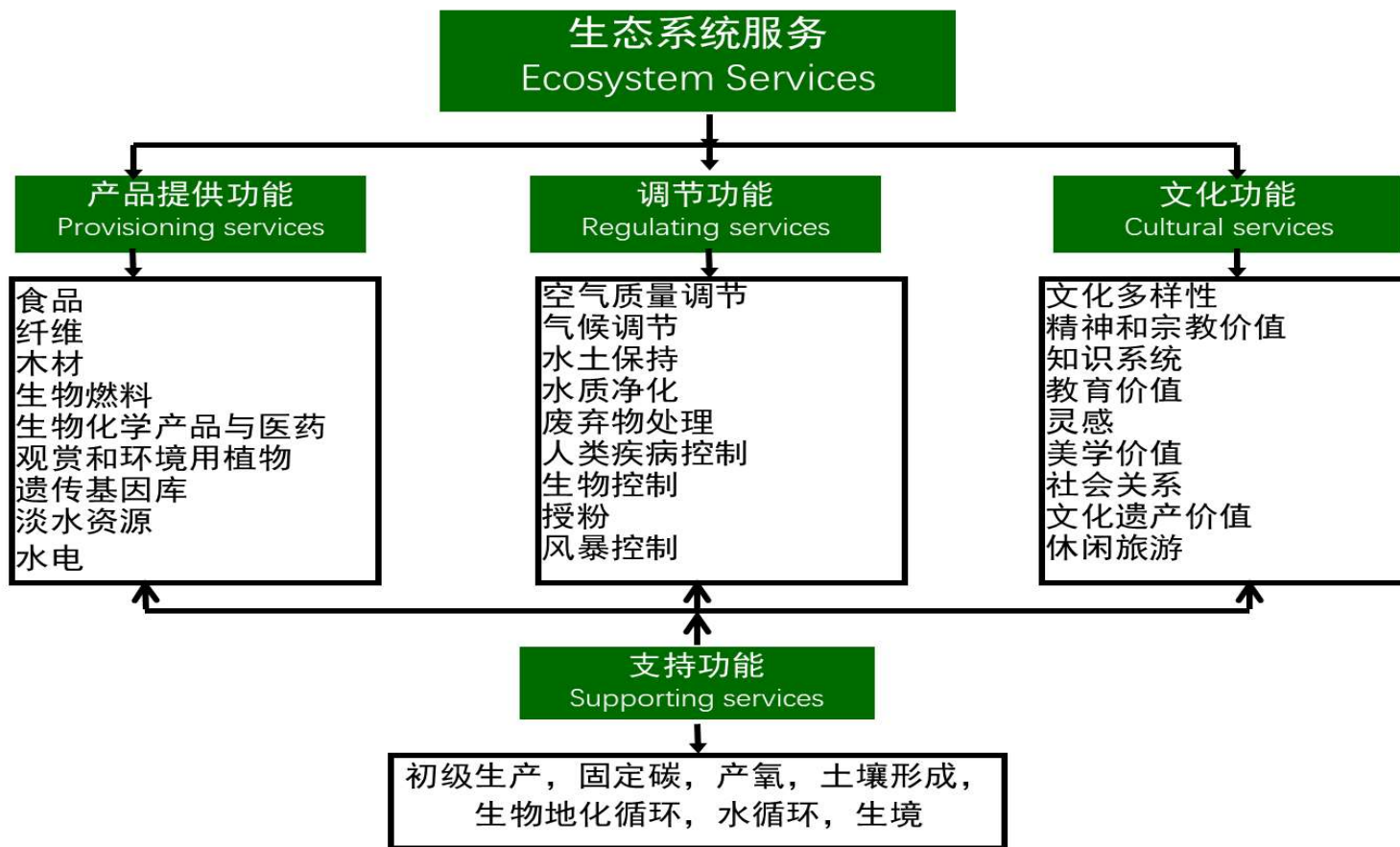
生态系统对水的运动变化施加影响和作用的过程和能力，改变水在时间、空间、数量等方面分布状态。



水生态系统与水生态系统服务

生态系统服务及分类

自然生态系统为人类提供生存与发展的物质资源和环境条件

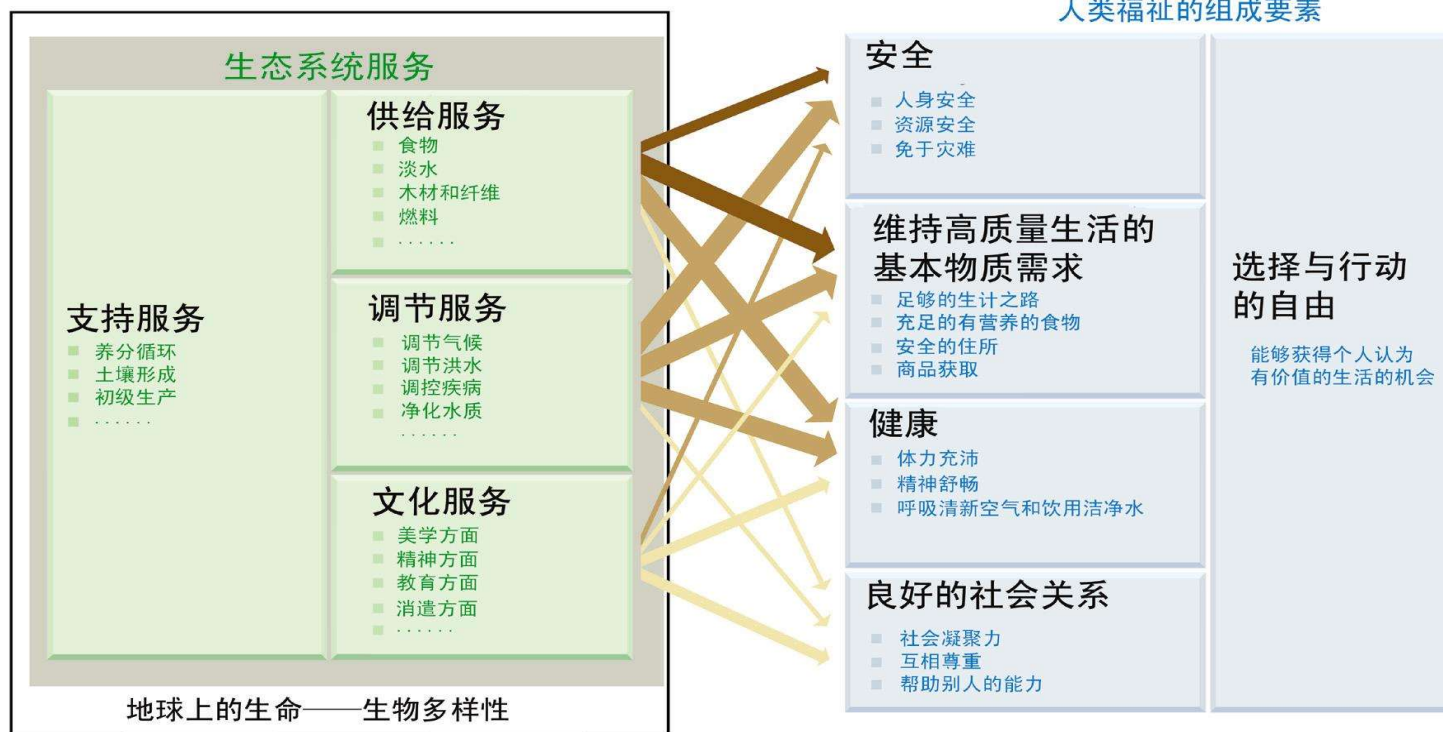


最重要的作用是中地生态系统, 是大多数以生存和发展的基础

水生态系统与水生态系统服务

生态系统服务与人类福祉

生态系统提供的物质产品与服务支撑人类的生存与发展



生态系统服务分类、及其
与人类福祉的关联 (MEA,2005)

联合国千年生态系统评估, 2003

水生生态系统与水生生态系统服务

水生生态系统：地球生命的基础

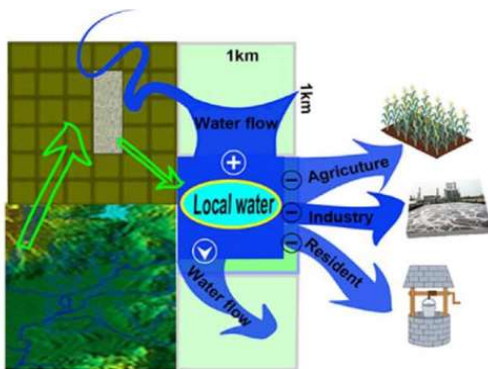
水生生态系统（aquatic ecosystem）是指由水生物群落与水环境共同构成的具有特定结构和功能的动态平衡系统。（刘钢等，2023）



水生态系统与水生态系统服务

水生态系统服务与人类福祉

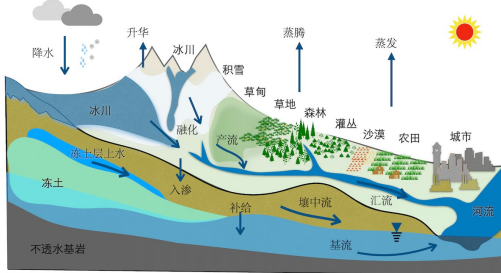
水生态系统服务 (water ecosystem service) 是指水生态系统与其生态过程所提供的直接产品或维持人的生产生活功能, 以及其维持自然生态过程与区域生态环境条件的功能与效用。 (张思颖等, 2023)



供给服务

调节服务

淡水供给 (DeLong Li, 2017)



水分循环 (Lele



水文调节 (吴燕锋, 2021)

支持服务

文化服务



水生态系统与水生态系统服务

水生态系统：地球生命的基础



(刘钢
等, 2023)

水生态系统是支撑整个地球生命动态平衡的系统，也是维持人类生产和生产活动、水生生物群落结构与水生态环境服务功能的基础资源

水生态系统与水生态系统服务

国际关注

水生态系统的通过河流、湿地、岸带等多种类型向人类提供服务，水生态系统服务的保护与功能提升受到全世界的广泛关注

联合国教科文组织 《国际水文计划第八阶段战略计划》（2013年）

“提升水生态系统恢复力和生态系统服务的生态水文学系统解决方案和生态工程”

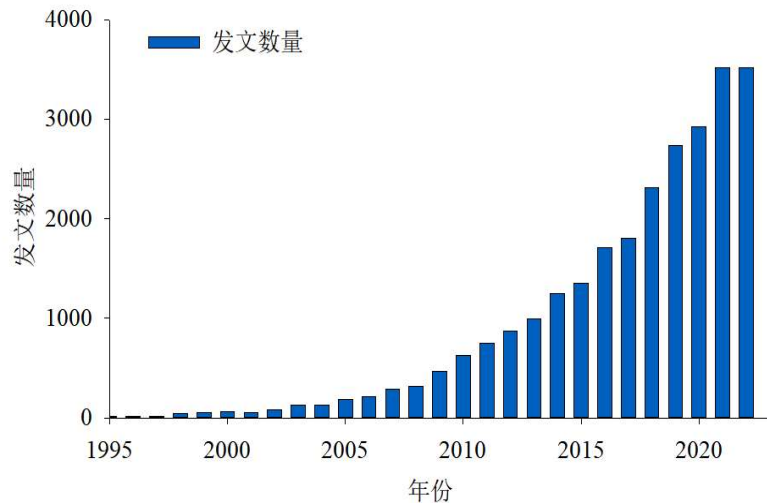
《拉姆萨尔湿地公约》秘书处 《全球湿地展望：2021年特刊》

“采用新的方法来管理湿地，将湿地生态系统服务集中纳入部门政策和战略”

联合国水事会议 《水行动议程》（2023年）

“通过推广可持续的水资源管理方式，保护和增强水生态系统服务”

多个国际行动计划推动全球水生态系统保护



国内外有关水生态系统服务研究的年度发文量

国内外水生态系统服务研究呈指数增长，具有很高的研究热度，是国内外学者重点关注的研究领域



目 录

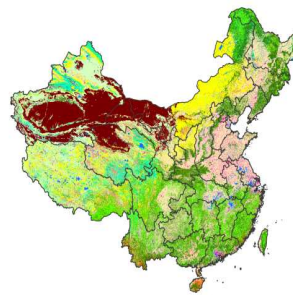
- 01 水生态系统与水生态系统服务
- 02 我国水生态系统服务状况与问题
- 03 水生态系统服务价值实现机制与案例

我国水生态系统服务状况与问题

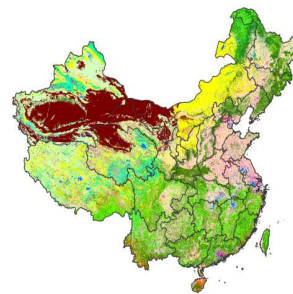
我国生态系统服务现状

- 生态系统质量，土地退化
- 生态系统人工化加剧，动植物栖息地丧失
- 流域生态环境恶化

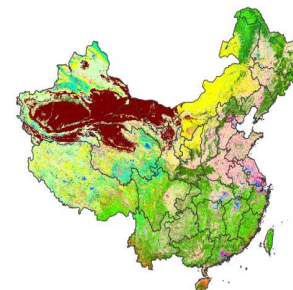
2000年生态系统分布



2005年生态系统分布



2010年生态系统分布



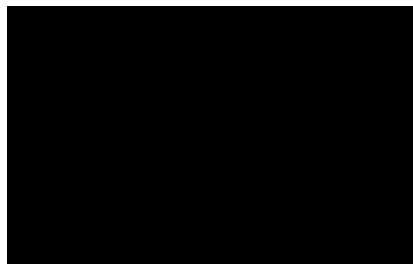
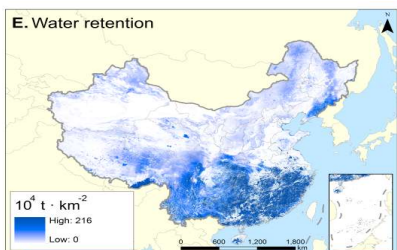
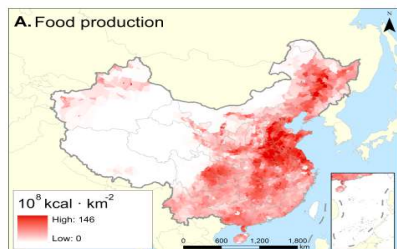
图例

■ 阔叶林 ■ 针阔混交林 ■ 阔叶灌丛 ■ 草甸 ■ 草丛 ■ 湖泊 ■ 耕地 ■ 居住地 ■ 工矿交通 ■ 冰川/永久积雪
■ 针叶林 ■ 稀疏植被 ■ 针叶灌丛 ■ 草原 ■ 沼泽 ■ 河流 ■ 园地 ■ 城市绿地 ■ 荒漠 ■ 裸地



0 750 1,500 3,000 km

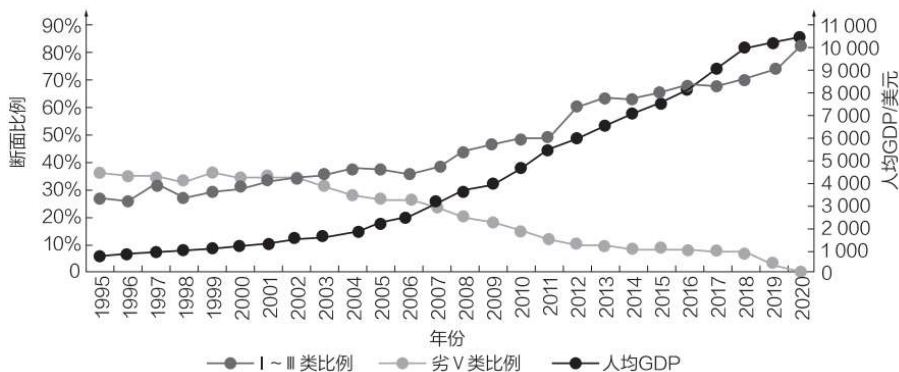
全国生态系统评估 (2000-2015)



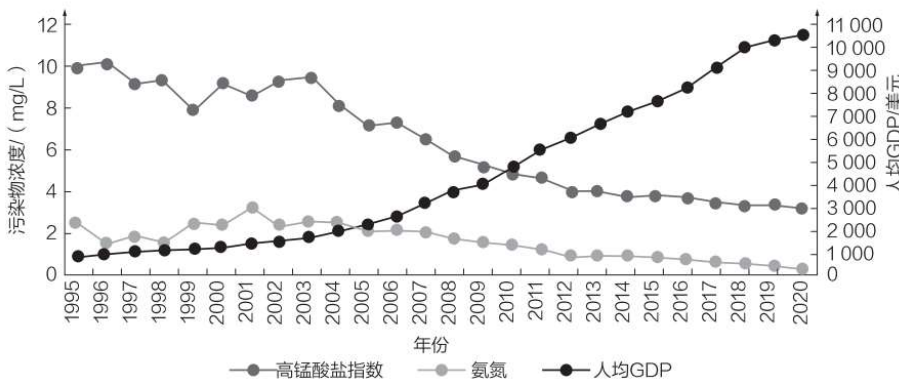
2000年以来，食物生产、固碳、土壤保持、防风固沙、水源涵养、洪水调蓄等

我国水生态系统服务状况与问题

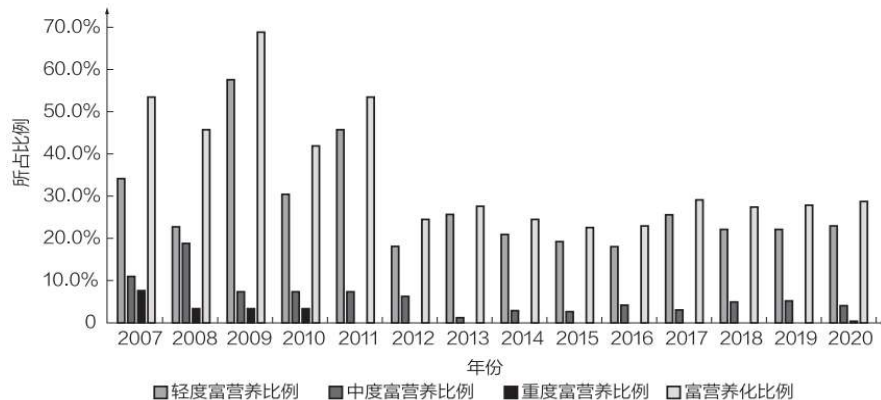
我国水生态系统现状



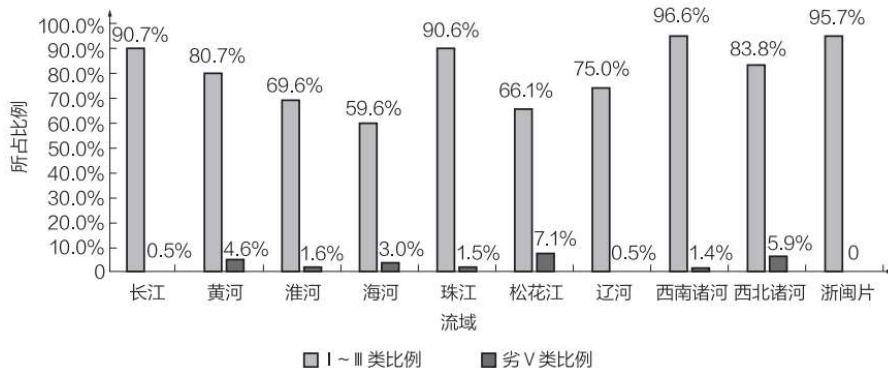
全国地表水断面比例及 GDP 变化情况 (1995-2020 年)



水污染物浓度变化趋势 (1995-2020 年)



重点湖泊 (水库) 富营养化变化趋势 (2007-2020 年)



2020 年十大流域水环境质量现状 (“十四五” 国控断面)

我国水生态系统服务状况与问题

我国面临的重要水问题



水资源供给不足



净化能力减弱



水土流失加剧

**伴随着全球气候变化与人类高强度活动影响，
水生态系统服务的退化现象威胁到人类福祉。**

我国水生态系统服务状况与问题

我国水生态系统现状

我国水生态系统服务概况

水生态系统服务供应不足与退化

水生态系统服务供应不足

水生态系统服务退化

调蓄水资源能力下降

物质输移能力降低

水质净化能力逐渐减弱

生物多样性降低

水生态系统服务需求加大

水源涵养服务需求加大

资源供给服务需求加大

水生态系统服务突变风险加大

水污染严重

水灾害频发

洪涝灾害

干旱灾害

水生态系统服务管理缺位

重“开源”、轻“节流”

重“工程”、轻“管理”

水生态系统治理理念滞后

水生态系统一体化、系统化修复要加强

水生态系统服务价值转化机制需完善



目 录

- 01 水生态系统与水生态系统服务
- 02 我国水生态系统服务状况与问题
- 03 水生态系统服务价值实现机制与案例

水生态系统服务价值实现机制与案例

我国水生态系统服务管理战略

习近平生态文明思想

- ✂ 绿水青山就是金山银山
- ✂ 坚持山水林田湖草沙冰系统治理

党的十八大、十九大

- ✂ 建立绿色利益分享机制，推动生态产品价值实现路径

党的二十大

- ✂ 建立生态产品价值实现机制
- ✂ 到 2025 年，生态产品价值实现的制度框架初步形成
- ✂ 到 2035 年，完善的生态产品价值实现机制全面建立



习近平谈“两山”

水生态系统服务价值实现机制与案例

水生态系统产品的价值属性

经济外部性

水生态产品呈现出很强的经济外部性，兼具正外部性和负外部性。由于外部性影响，作为公共产品的水生态产品（如生态补水）可能产生供给不足问题，而作为公共资源的水生态产品（如地下水）可能发生过度利用问题，因此，必须加大水生态产品的公共治理力度，强化正面外部影响，尽可能减少负面外部影响。

资源稀缺性

随着人们生活水平提高，对水生态产品的需求越来越大，但以水为重要资源和要素的水生态产品供给则有限，资源稀缺性越发突出，使产品供不应求。而且，水生态极易遭到破坏，从而使水生态产品的供给能力降低。另外，水生态产品供给达到一定数量后，边际生产成本将会变得相当高，从而使稀缺性加剧。

保护修复增值性

通过水生态保护与修复，恢复原有的水生态功能，形成可提供健康、可持续生态服务的水生态产品，实现价值提升。

价值重叠性

水生态产品往往具有多功能、多层次的生态价值，是具有多重价值的综合产物，经常同时具有经济、社会和生态效益，在一定条件下可以形成相互促进的关系。

水生生态系统服务价值实现机制与案例

水生生态系统服务价值实现路径

| 产业化路径 | 使用适用水生态产品 | 水生生态系统服务类别 | 应用场景 | 主要投入 | 主要产出 |
|------------|------------|---------------|--|--|--------------------|
| 绿色有机产品 | 农产品、水产品 | 产品供给 | 农产品主产区，水资源丰富地区 | 水、耕地资源、常规种植、水环境治理、水资源、常规质检溯源投入 | 产品出售收入 |
| 包装饮用水 | 优质饮用水 | 产品供给 | 地下及地表水资源丰富且水质极优地区 | 水环境治理投入、水资源开采使用权投入、包装工业生产投入 | 包装水出售收入 |
| 流域生态补偿 | 水资源 | 产品供给、调节服务 | 流域上下游水源保护与水资源开发利用 | 水资源保护、水环境保护投入 | 达标水资源 |
| 水权交易 | 清洁水源 | 调节服务 | 水资源总量受限地区，一般在同一流域上下游之间开展，也可以通过跨流域调水工程实现不同流域之间的水权交易 | 水源涵养、中水回用、节水灌溉等工程措施投入 | 水权交易收入 |
| 排污权交易 | 污染净化 | 调节服务 | 已经限定排污总量并完成初始排污权分配的行政区内部 | 工业企业污水排放、农业面源污染治理的工程措施投入 | 排污权交易收入 |
| 湿地开发权交易 | 调节气候 | 调节服务 | 已经限定湿地减少面积指标的行政区的内部，新建开发项目须占用湿地 | 恢复治理湿地的工程措施投入 | 湿地开发权交易收入 |
| 水环境敏感性工业生产 | 清洁水源 | 调节服务 | 水环境、大气环境品质优良的地区，且可进行一定强度的工业开发 | 水环境及大气环境治理投入、土地开发使用权投入、工业生产投入 | 工业产品因生产成本降低产生的额外利润 |
| 养生休闲开发 | 清洁水源，优质水景观 | 调节环境质量、生态文化服务 | 水体的周围气候适宜，水面开阔、水质优良，水体有特殊的对身体有益的矿物质，空气富含负氧离子 | 对水体的生态环境治理投入、土地开发使用权投入、康养休闲设施建设投入 | 康养休闲产业经营收入 |
| 新兴服务产业发展 | 清洁水源，优质水景观 | 生态文化服务 | 水环境、大气环境品质优良且兼有一定景观价值的地区，可进行一定强度的城市开发 | 水环境及大气环境治理投入、土地开发使用权投入、园区运营投入 | 软件开发、数字创意等营业收入 |
| 滨水地产开发 | 优质水景观 | 生态文化服务 | 对毗邻水体的城镇规划发展区块进行的综合性开发 | 对水体的生态环境治理投入、土地开发使用权投入、房地产开发建设投入 | 房地产销售收入及物业运营收入 |
| 滨水旅游 | 优质水景观 | 生态文化服务 | 环境优美具有较高观赏价值的水体环境， | 对水体的生态环境治理投入、特许经营投入、土地开发使用权投入、基础设施建设投入 | 门票收入及餐饮、纪念品 |

水生态系统服务价值实现机制与案例

水生态系统产品价值实现路径的难点与问题

权属不够明确

无论是作为产品还是资源，水生态产品产权存在边界不清、权能缺位、产权安全性和稳定性保障不足等问题，权属性质需要进一步明确，要从根本上解决水资源权属问题。

监管边界不够明晰

从监管职责看，水生态产品可能涉及水利部门以外的自然资源、林草、生态环境、住建、农业农村、文化旅游、发展改革、财政等部门，监管职责边界需要进一步清晰并建立有效的衔接协调。

市场发育不够

由于权属问题，我国水权交易还处在起步阶段，尚未形成完善的交易制度，水生态产品更是处于市场模糊、无价无市状态，难以对产品进行经营开发。

价值核算体系缺失

由于水生态产品认识上的差距、不确定的外部性以及技术支撑的复杂性，造成水生态产品价值难以准确测算和衡量，目前尚未形成科学合理的价值核算体系。另外，由于其公共产品和公共资源属性，价值核算标准与价格形成机制也是迫切需要解决的重点问题。

政策法规引导不足

关于水生态产品价值实现的法律法规、政策制度等尚未形成，对推进水生态产品价值实现的促进作用不足。

水生态系统服务价值实现机制与案例

城乡尺度流域 综合整治

- 长沙圭塘河流域综合整治规划

河流尺度自然 流态修复

- 丽水水生态修复实践（以传统堰坝改造）

区域多种生态 系统服务协同

- 基于水碳协同的坝上草原生态管理

区域一体化保护 修复工程实践

- 海南南部典型热带区域山水林田湖草沙一体化保护和修复

水生态系统服务价值实现机制与案例

长沙圭塘河流域综合整治规划

整体思路

自然生态系统的构建及其与城市社会经济生态系统的结合是一个复杂且高度整合的过程，不仅需要不同专业的参与，更需要对不同的目标、利益群体进行通盘考虑，并运用科学方法分析不同生态组件的相互关系，以找出可持续的解决方案。



水生生态系统服务价值实现机制与案例

长沙圭塘河流域综合整治规划

➤ 恢复自然河道

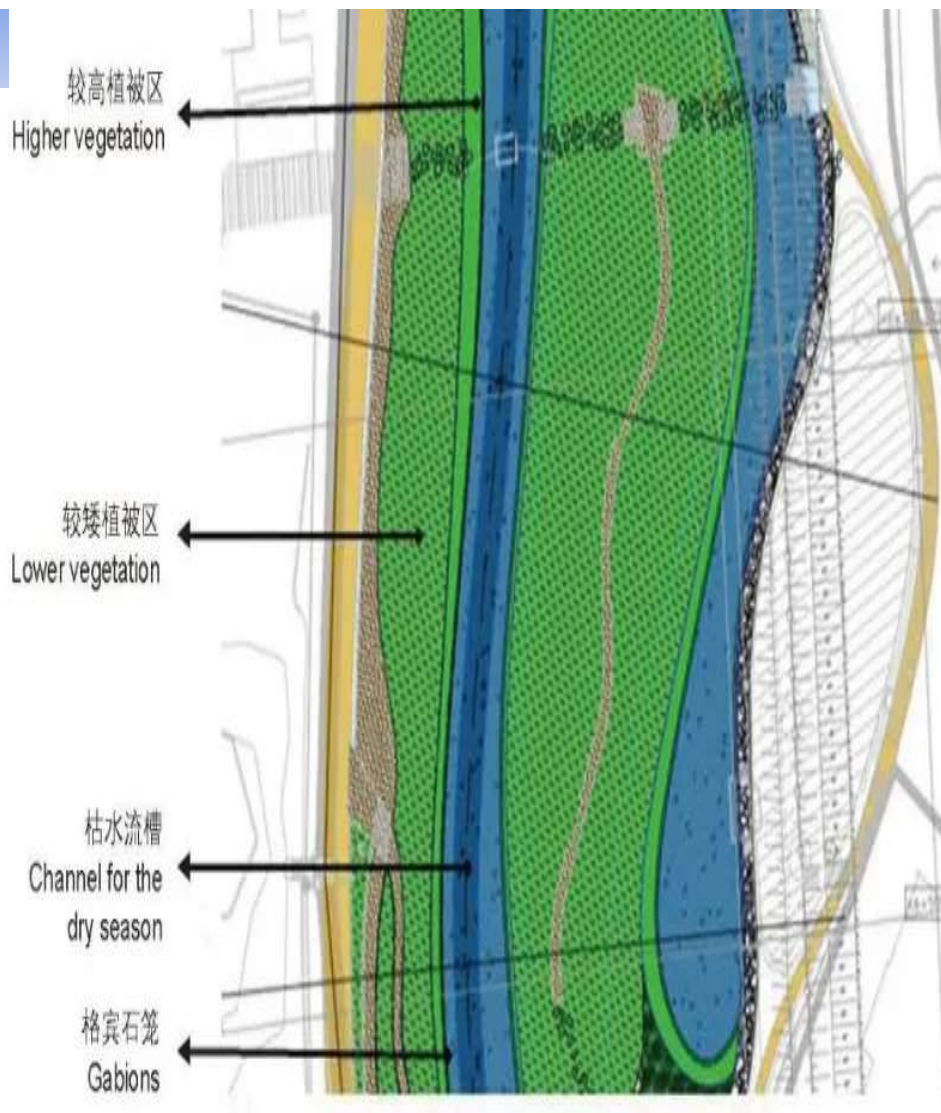
根据水系水动力模型对非降雨基流、降雨排水、暴雨泄洪等不同情景下河流水位、流速以及河岸冲刷程度的模拟结果，方案相应设置了枯水流槽、自然河道和行洪通道等水流路径，并配置了适宜的护岸材料和水生植物。

不同种类植被及材料占比

- 30% 菖蒲
- 30% 鸢尾科植物
- 10% 苔草属植物 / 金丝雀草
- 20% 砾石
- 10% 珍珠菜

固岸措施

- 草皮 / 草皮卷
- 播种配土工布



水生态系统服务价值实现机制与案例

长沙圭塘河流域综合整治规划

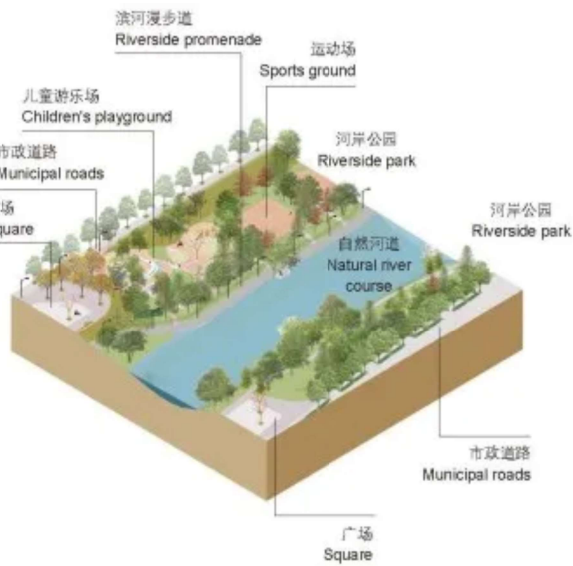
➤ 优化河岸空间

圭塘河中下游有限的河岸空间不仅需承担生态功能，还应满足众多的社会需求。高程低于防洪水位标高的区域需同时满足慢行系统建设、休闲娱乐、生态水处理和行洪等功能。可将水动力模型模拟结果作为设计依据，根据不同的过洪断面及景观功能需求，灵活地对河岸空间进行平面和竖向布局。

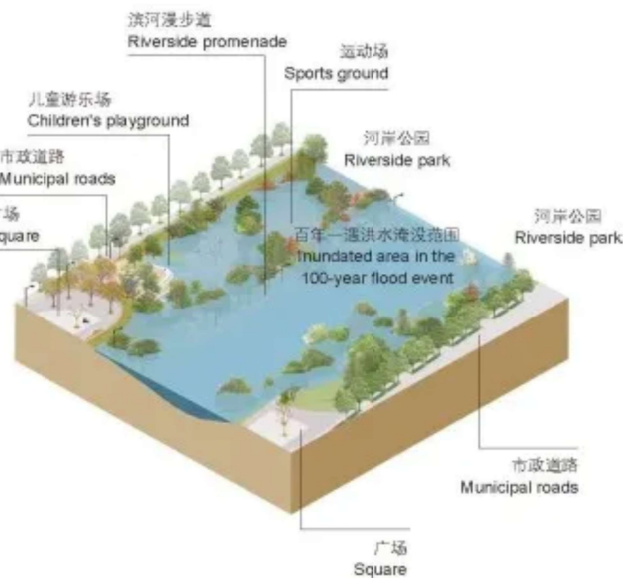
(Liu Y., 2019)



枯水期的河道流槽，市民活动可延伸至自然河道范围内



两年一遇丰水状态下，滨水慢行道仍然可使用



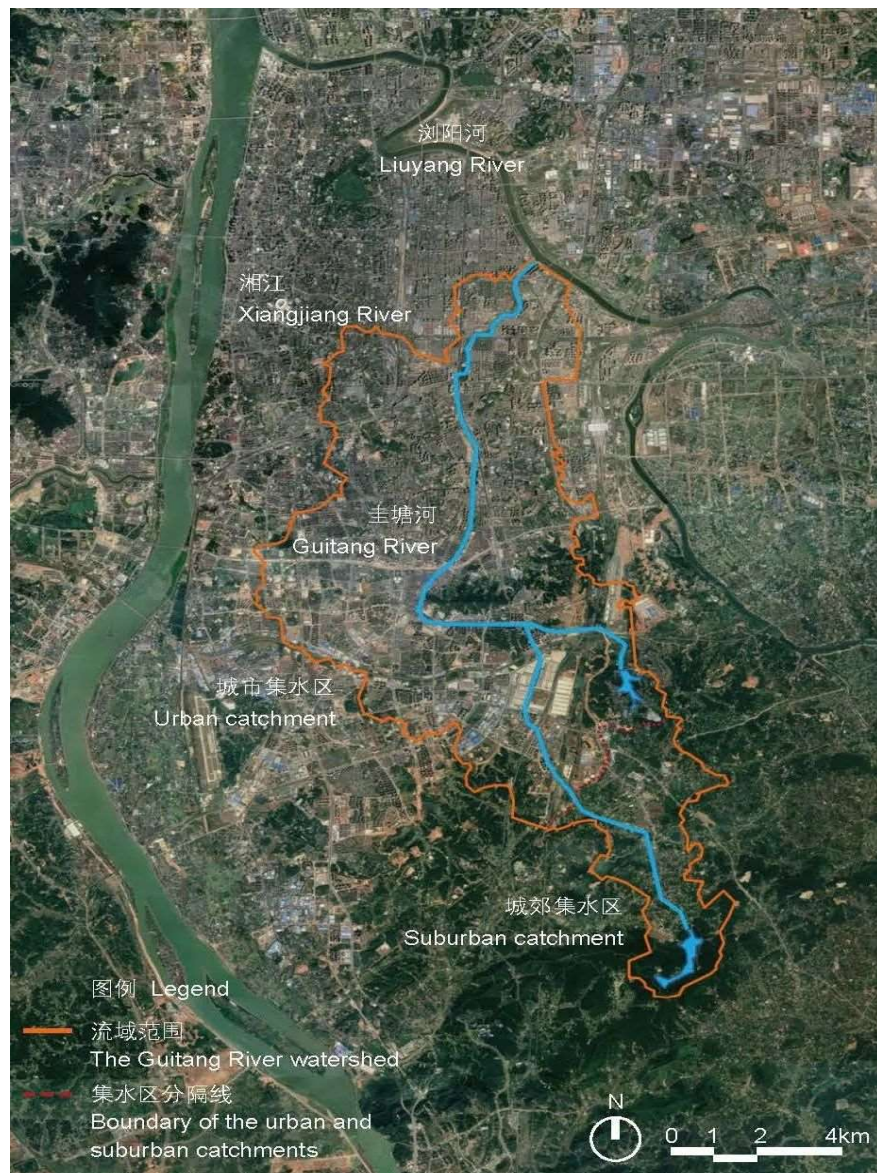
百年一遇洪水状态下，河岸公园变为调蓄行洪空间

水生态系统服务价值实现机制与案例

长沙圭塘河流域综合整治规划

➤ 构建流域尺度生态廊道

- 生态廊道作为连接城市绿色节点、城市建成区和圭塘河主河道的重要路径，以及超标雨水的排放通道
- 连接城市开放空间和滨河空间，将人们从城市引向河边
- 通过生态廊道收集周边经过海绵城市措施调蓄净化后释放的清洁雨水，一部分下渗补给地下水，一部分为圭塘河补充生态基流
- 在发生强降雨时，周边城市区域形成的地表径流可通过生态廊道排入圭塘河，缓解城市内涝
- 在进行生态廊道的景观设计时，要充分考虑其季节性、阶段性有水的特征



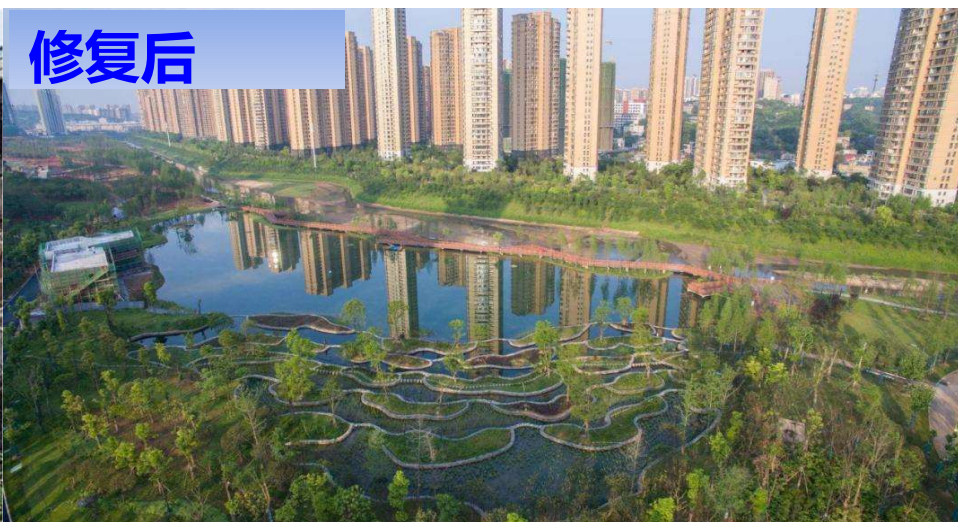
水生生态系统服务价值实现机制与案例

长沙圭塘河流域综合整治规划

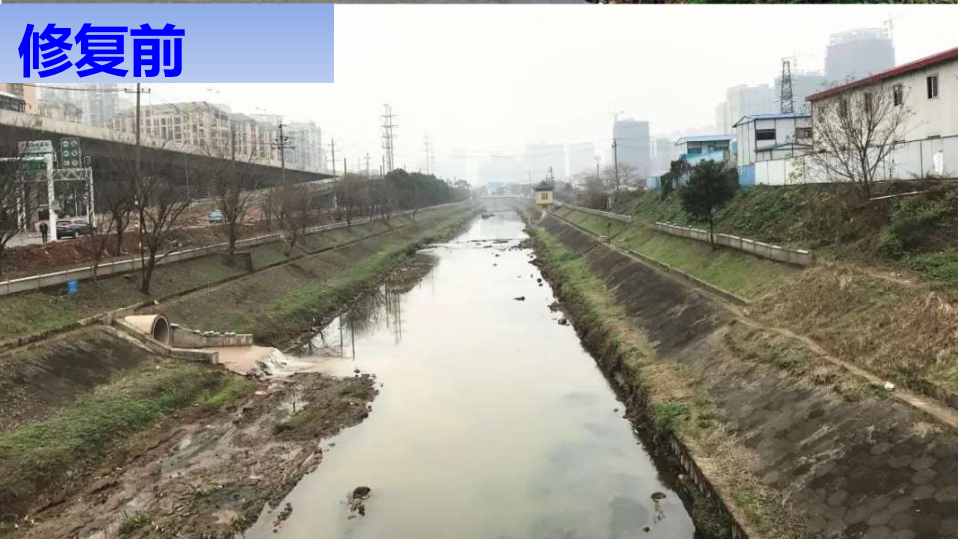
修复前



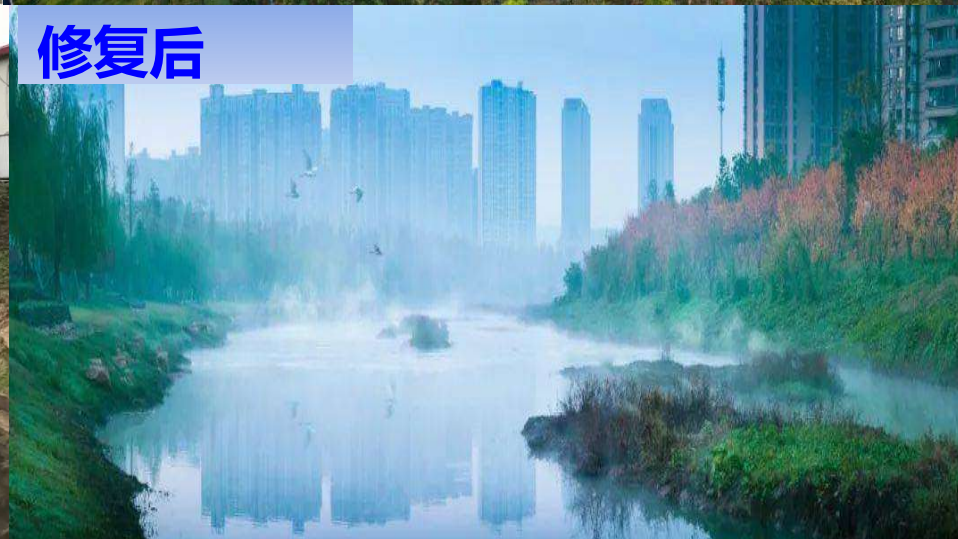
修复后



修复前

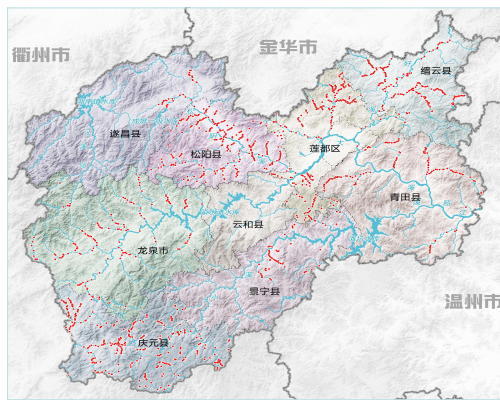
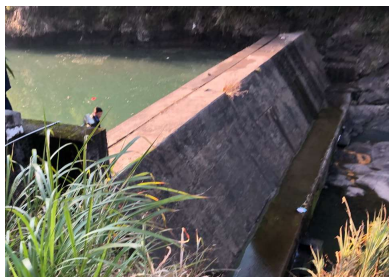


修复后



水生态系统服务价值实现机制与案例

丽水水生态修复实践（以传统堰坝改造为例）



现存堰坝多数是农村结合自身需求，以灌溉供水功能为主建设的小型拦水建筑。浙江全省大小古堰（解放前）多达数千座，灌溉千亩以上的431座。

缺乏系统性、生态性、统一管理等问题，现状存在过密、过高、过陡、缺少洄游通道，造成生境破碎、河床淤积、景观性差等

水生态系统服务价值实现机制与案例

丽水水生态修复实践（以传统堰坝改造为例）



改造前现状图



改造后效果图（台阶式）

水生态系统服务价值实现机制与案例

丽水水生态修复实践（以传统堰坝改造为例）



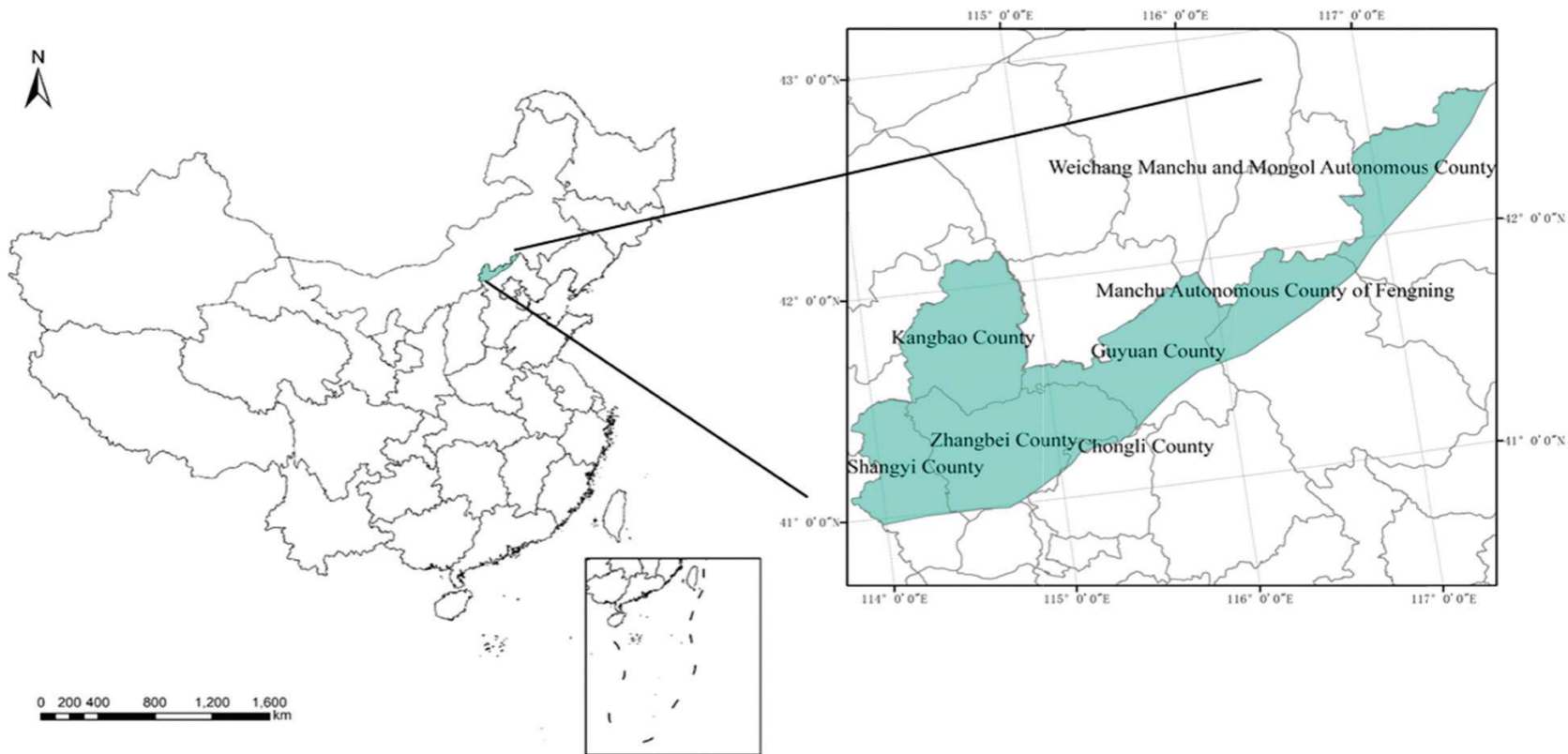
改造前现状图



改造后效果图（斜坡式）

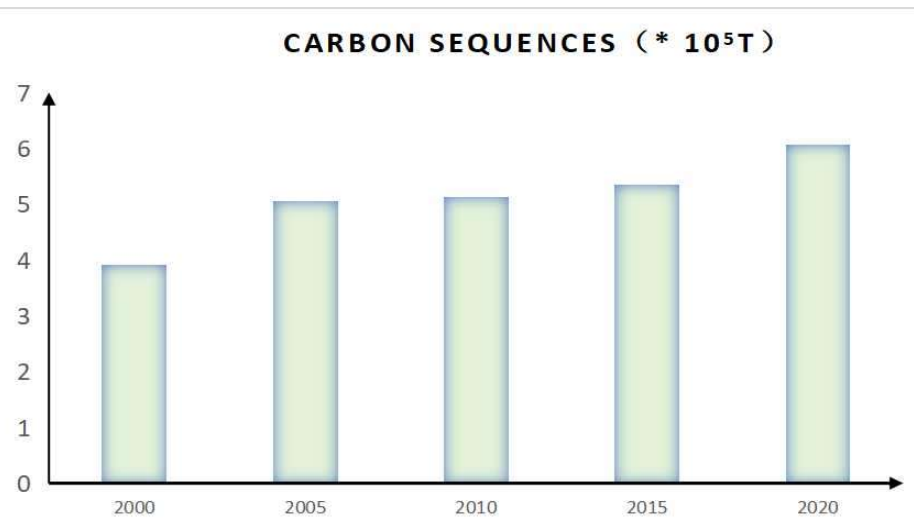
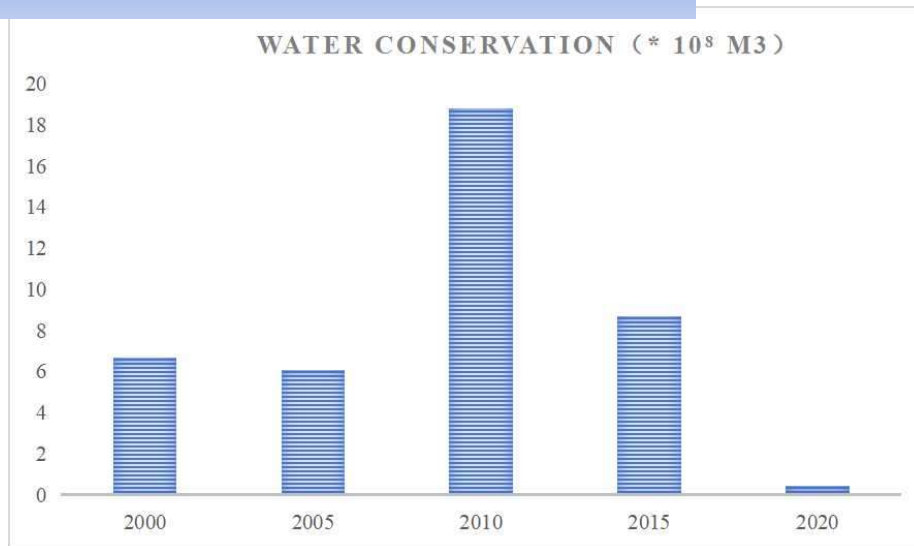
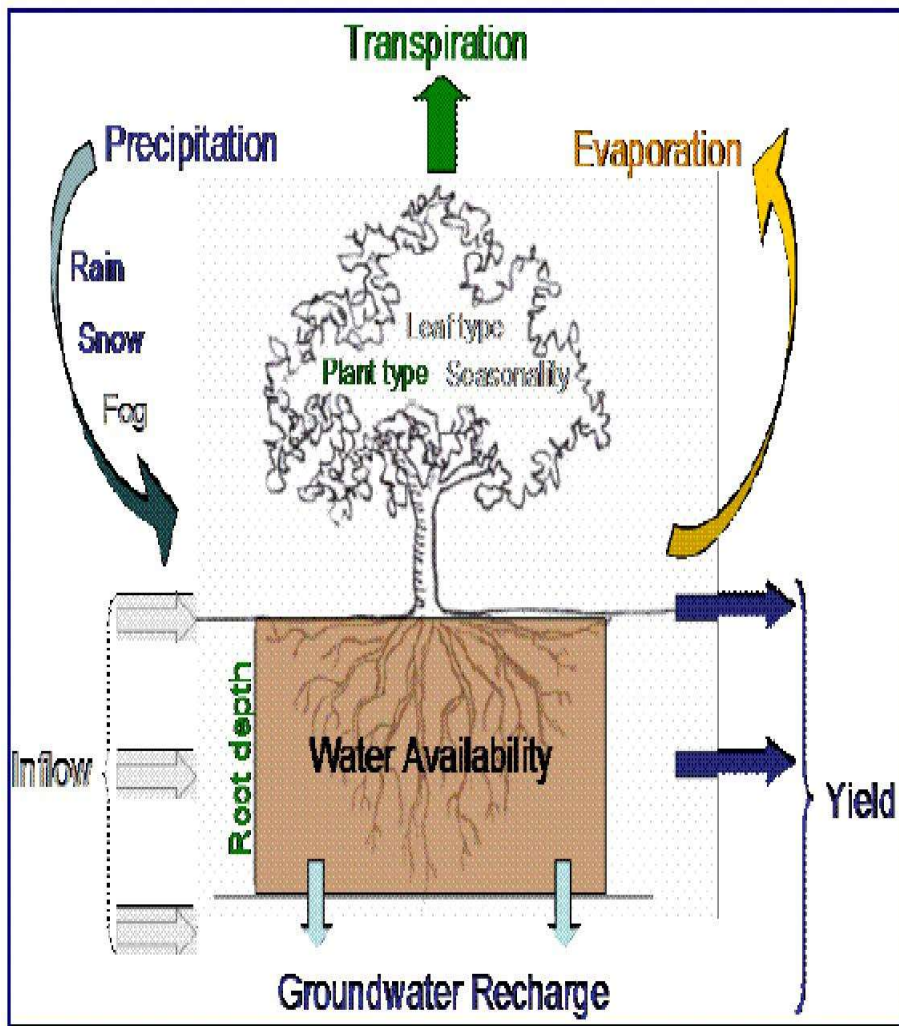
水生生态系统服务价值实现机制与案例

基于水碳协同的坝上草原生态管理



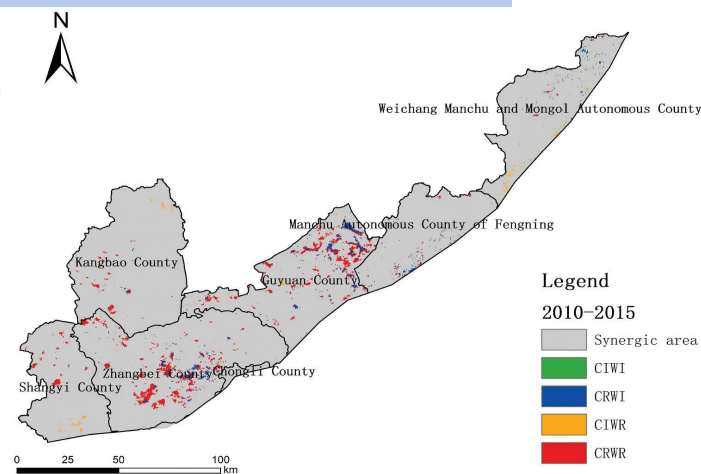
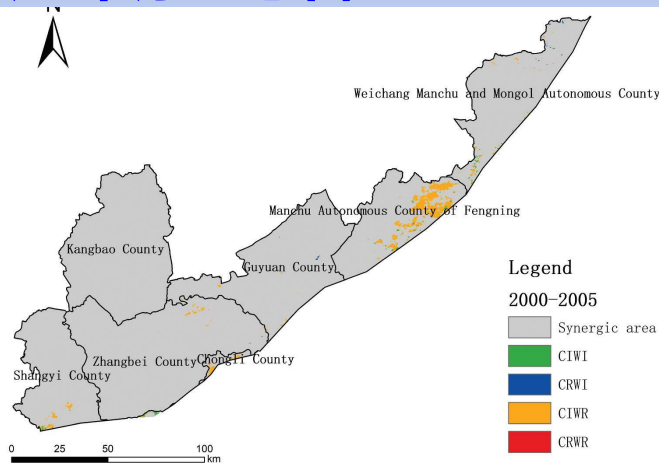
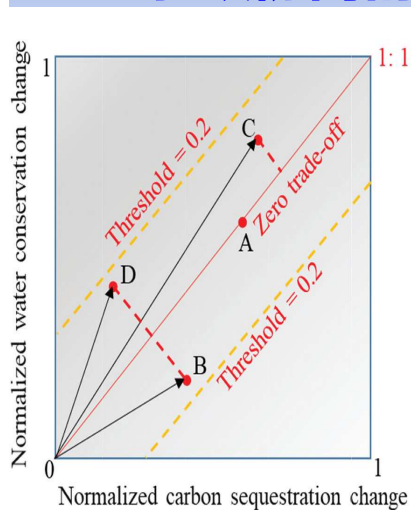
水生态系统服务价值实现机制与案例

基于水碳协同的坝上草原生态管理



水生生态系统服务价值实现机制与案例

基于水碳协同的坝上草原生态管理

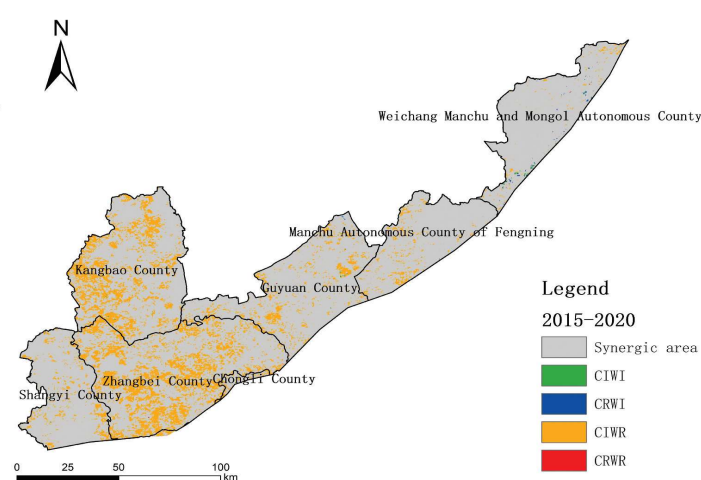
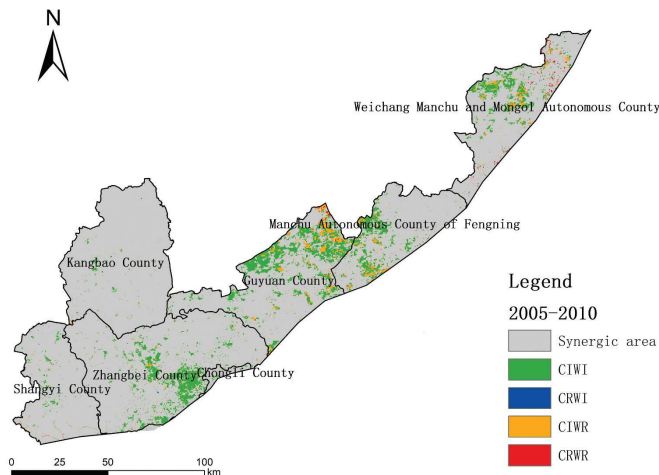


CIWI：水碳协同增长

CRWI：水源涵养增长，固碳减少

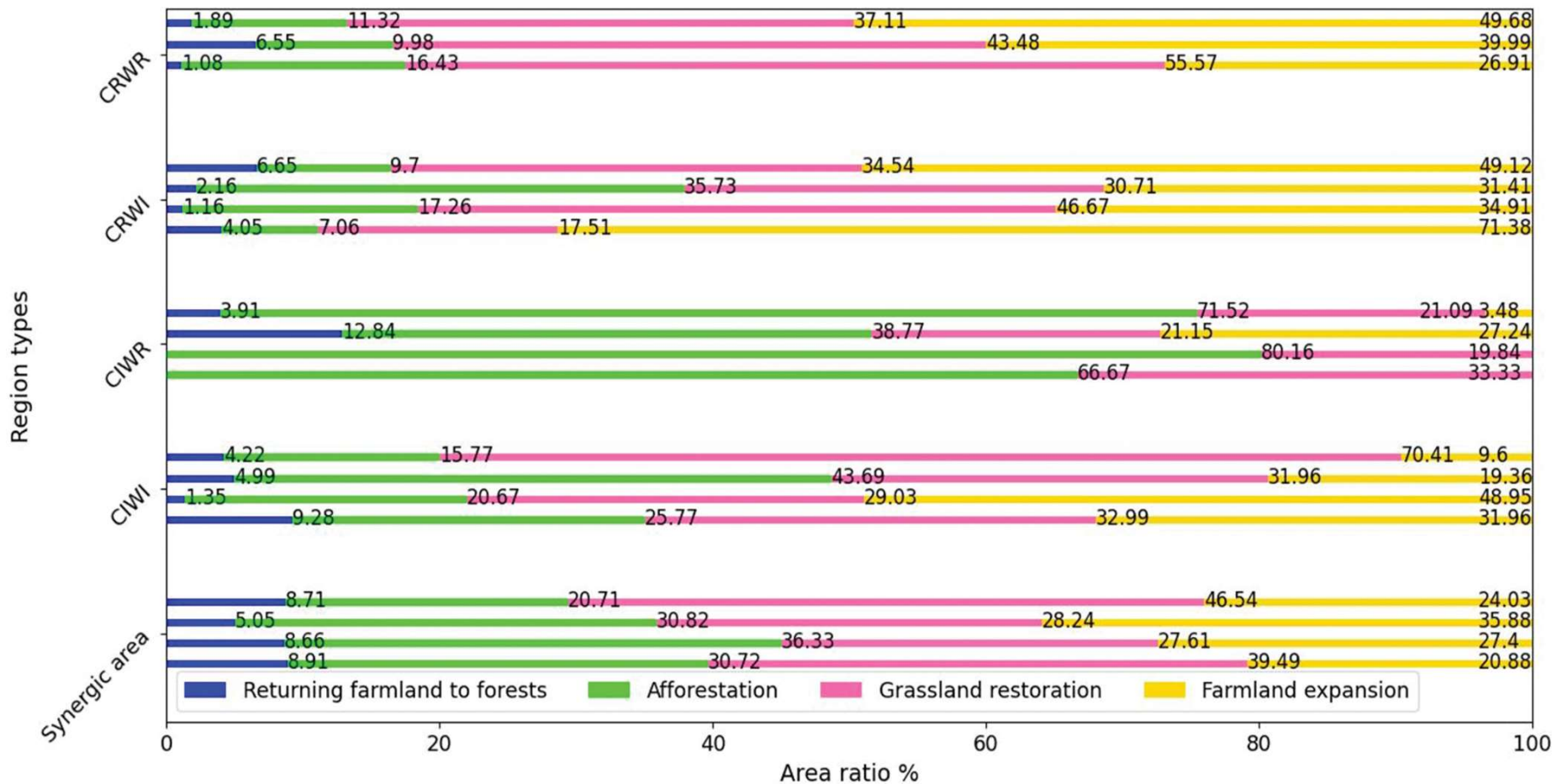
CIWR：固碳增加，水源涵养减少

CRWR：水碳降低



水生态系统服务价值实现机制与案例

基于水碳协同的坝上草原生态管理



水生态系统服务价值实现机制与案例

基于水碳协同的坝上草原生态管理

主要结论

- 1) 从 2000 年到 2020 年，由于植树造林区域的扩大，坝上草原水碳不平衡的区域从 338.60 km² 增加到 2642.38 km²，其中以固碳能力增加，水源涵养能力下降的区域占主导；
- 2) 生态修复引起的土地利用变化带动了坝上草原水碳失衡区的形成。虽然自然因素是主要驱动因素，但土地利用变化的贡献率也可能超过 40%，表明人类活动对当地水碳失衡的形成有很大的影响。
- 3) 过度的造林活动会降低水资源的涵养，造成 CIWR 型不平衡区的交配。过度的耕地扩张会减少局部固碳，导致固碳增加，涵养水源能力降低型失衡区的形成。

实践经验

实现半干旱区水碳平衡，生态修复项目首先要考虑草原恢复，增加草原面积和质量，同时进行适当的造林和耕地复垦。

水生态系统服务价值实现机制与案例

海南南部典型热带区域山水林田湖草沙一体化保护和修复工程

研究背景

改善区域生态系统质量，提升生态系统产品供给能力，保障热带陆海生态安全



核心目标

增强生态系统水源涵养和水土保持能力
畅通陆海生态廊道和提升生态服务功能

提升热带重要生态系统与生物多样性保护水平
提升生态系统的面源污染缓冲和净化能力

水生生态系统服务价值实现机制与案例

海南南部典型热带区域山水林田湖草沙一体化保护和修复工程

问题辨识与诊断

问题在海中，根源在岸上

病灶

重要源地受损

关键廊道不畅

病因

森林水土保持能力不足

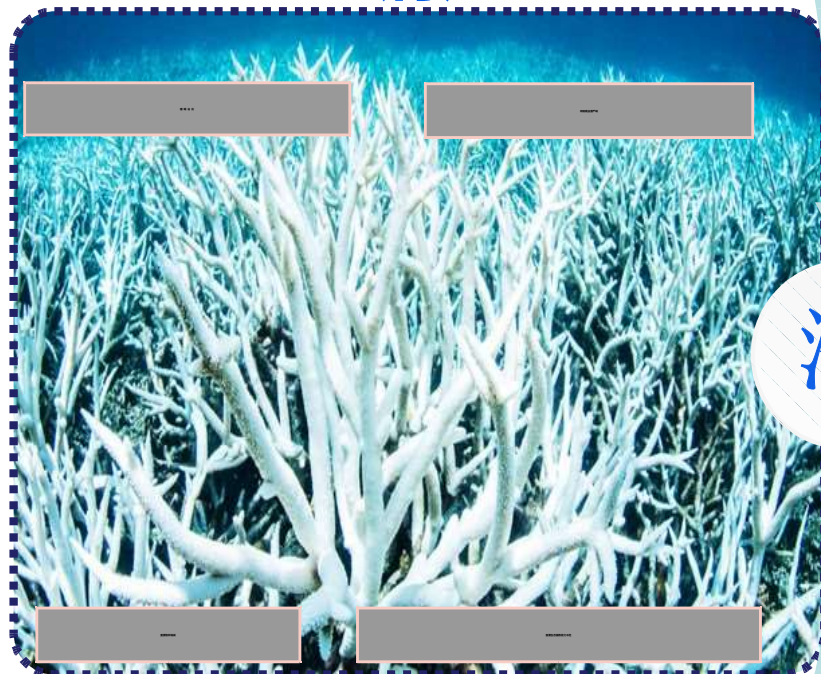
红树林退化

河流生态功能低下

农业面源污染

物种入侵

病症



陆

海

水生态系统服务价值实现机制与案例

海南南部典型热带区域山水林田湖草沙一体化保护和修复工程

海岸带和湿地生态源地



乐东中灶湾滨海湿地破坏、河口淤积严重



围海渔田与海岸带的过度开发



三亚红树林退化



三亚珊瑚礁白化

是海南自由贸易港建设和发展面临的重要挑战

水生态系统服务价值实现机制与案例

海南南部典型热带区域山水林田湖草沙一体化保护和修复工程

廊道不畅



2022年5月



2022年5月

脚下河新政镇悦溪山庄河段河面，大片水浮莲滋生及水土流失严重

陵水河打南段河面水草类植物过于旺盛，河内淤积严重，水质较差



2022年5月



2022年5月

乐东县乐中河河岸坡土体裸露、生活垃圾堆放、农田排水直入

藤桥河面源污染

是海南自由贸易港建设和发展面临的重要挑战

水生生态系统服务价值实现机制与案例

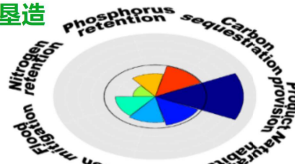
海南南部典型热带区域山水林田湖草沙一体化保护和修复工程

源地受损

降低系统自身净化的能力（水到林）
同时，重要动植物物种生境受到威胁

- 植被破坏与退化
 - 林分老化，多样性下降
 - 破碎度加剧
 - 湿地萎缩
- 林地涵养能力下降
- 湿地净化能力下降

橡胶林垦造



橡胶生产: +72.2%

土壤保持: -17.8%

总氮持留: -56.3%

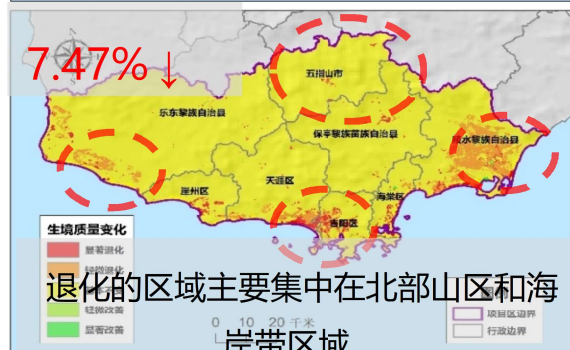
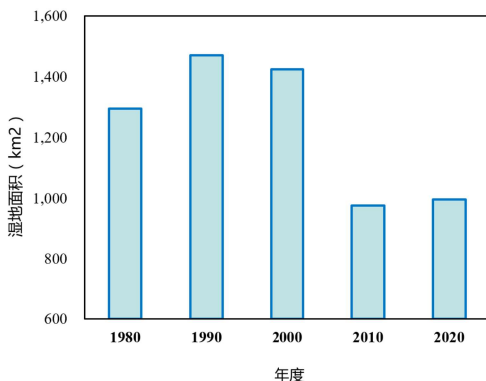
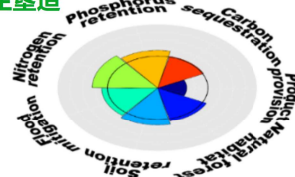
总磷持留: -27.4%

洪水调蓄: -21.9%

固碳服务: -1.7%

自然生境: -6.9%

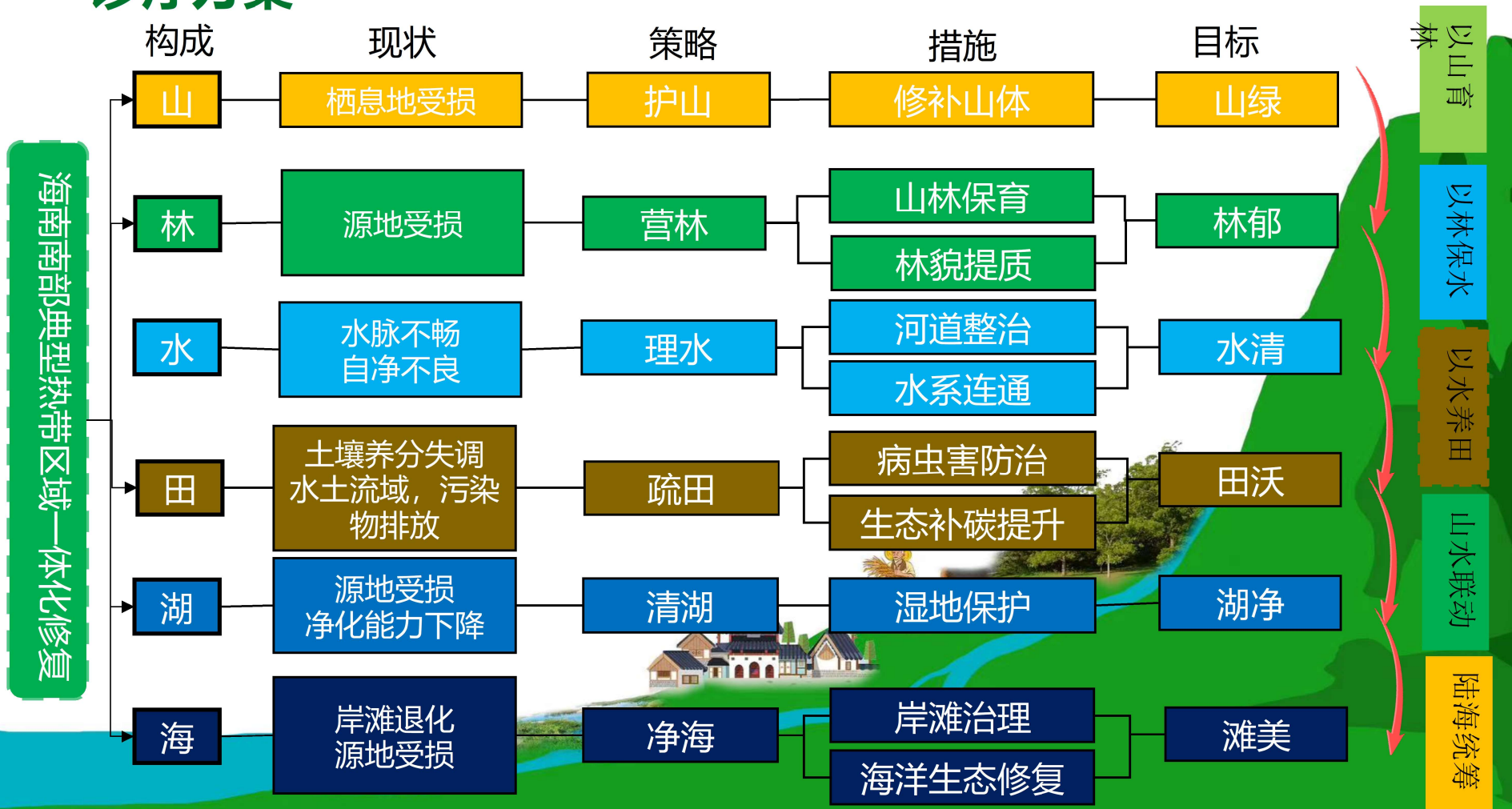
未发生垦造



水生态系统服务价值实现机制与案例

海南南部典型热带区域山水林田湖草沙一体化保护和修复工程

“诊疗方案”



水生态系统服务价值实现机制与案例

海南南部典型热带区域山水林田湖草沙一体化保护和修复工程

一体化保护修复措施

“一山” “五河” “一带”



水生态系统服务价值实现机制与案例

海南南部典型热带区域山水林田湖草沙一体化保护和修复工程

总体部署

5个
修复单元

5大类
涵盖措施



北部森林生物多样性和水源涵养
功能修复单元

南部海岸带生态功能修复单元

东部水土保持和农业面源污染防
治单元

西部农业环境质量提升单元

中部三亚城镇生态功能提升单元

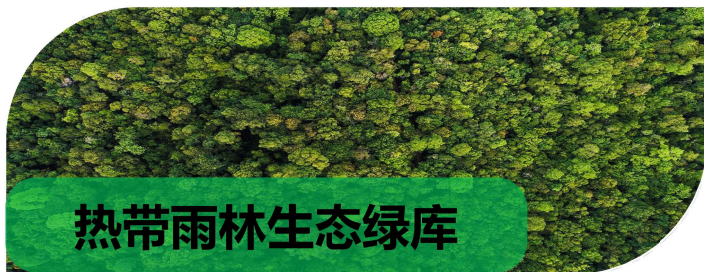
水生态系统服务价值实现机制与案例

海南南部典型热带区域山水林田湖草沙一体化保护和修复工程

预期效益

提升生态系统质量和稳定性，改善生态系统功能，提高优质生态产品供给能力

四大修复场景



感谢！ 敬请批评指正！

中国科学院生态环境研究中心
RESEARCH CENTER FOR ECO-ENVIRONMENTAL SCIENCES, CAS