



基于情景模拟的西江流域 生态补偿标准研究

**Scenario-based analysis of ecological compensation standards for
the Xijiang river basin**

Yan Zhang, Zhiyun Ouyang

June 2, 2021



汇报提纲

Outline

1

研究背景

Background

2

技术方法

Methods

3

主要结果

Results

4

政策建议

Recommendations

01

研究背景

Research Background

流域生态保护与社会经济发展矛盾凸显

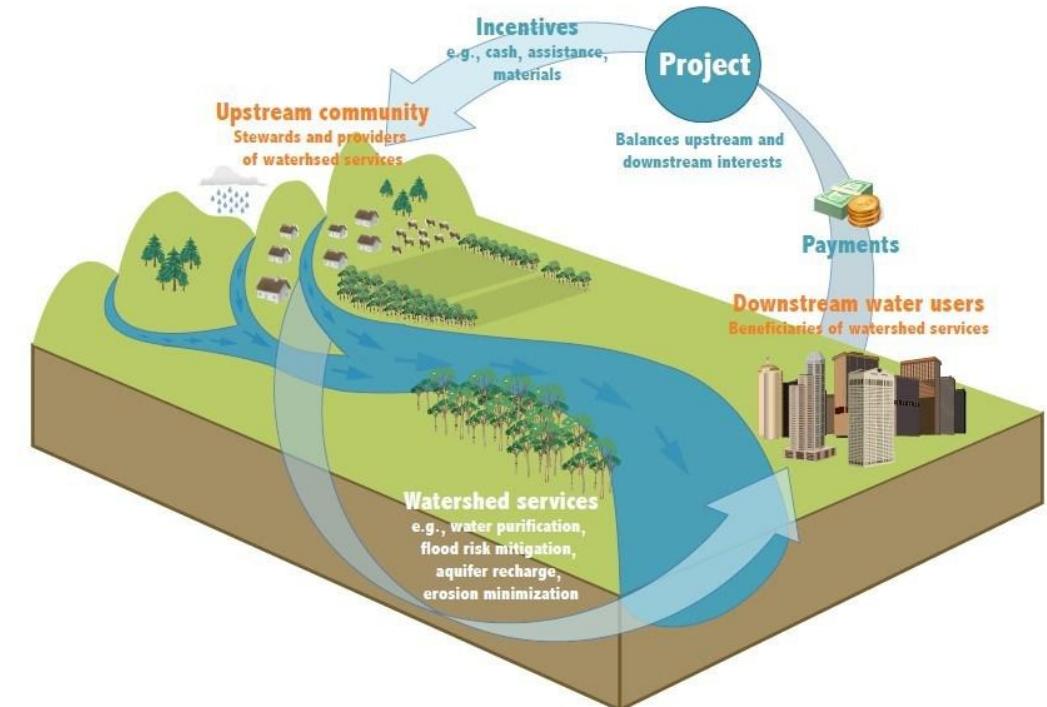
Intensified contradictions between environmental protection and social-economic development

➤ 流域上游和下游是利益共同体，但其社会经济发展失衡

The upper and lower reaches are community of interests, but their social and economic development is unbalanced.

➤ 生态补偿是确保生态效益供给者具有符合享用者意愿的补偿激励

Ecological compensation is an incentive to ensure that the supplier of ecological benefits has a compensation that meets the users' will.





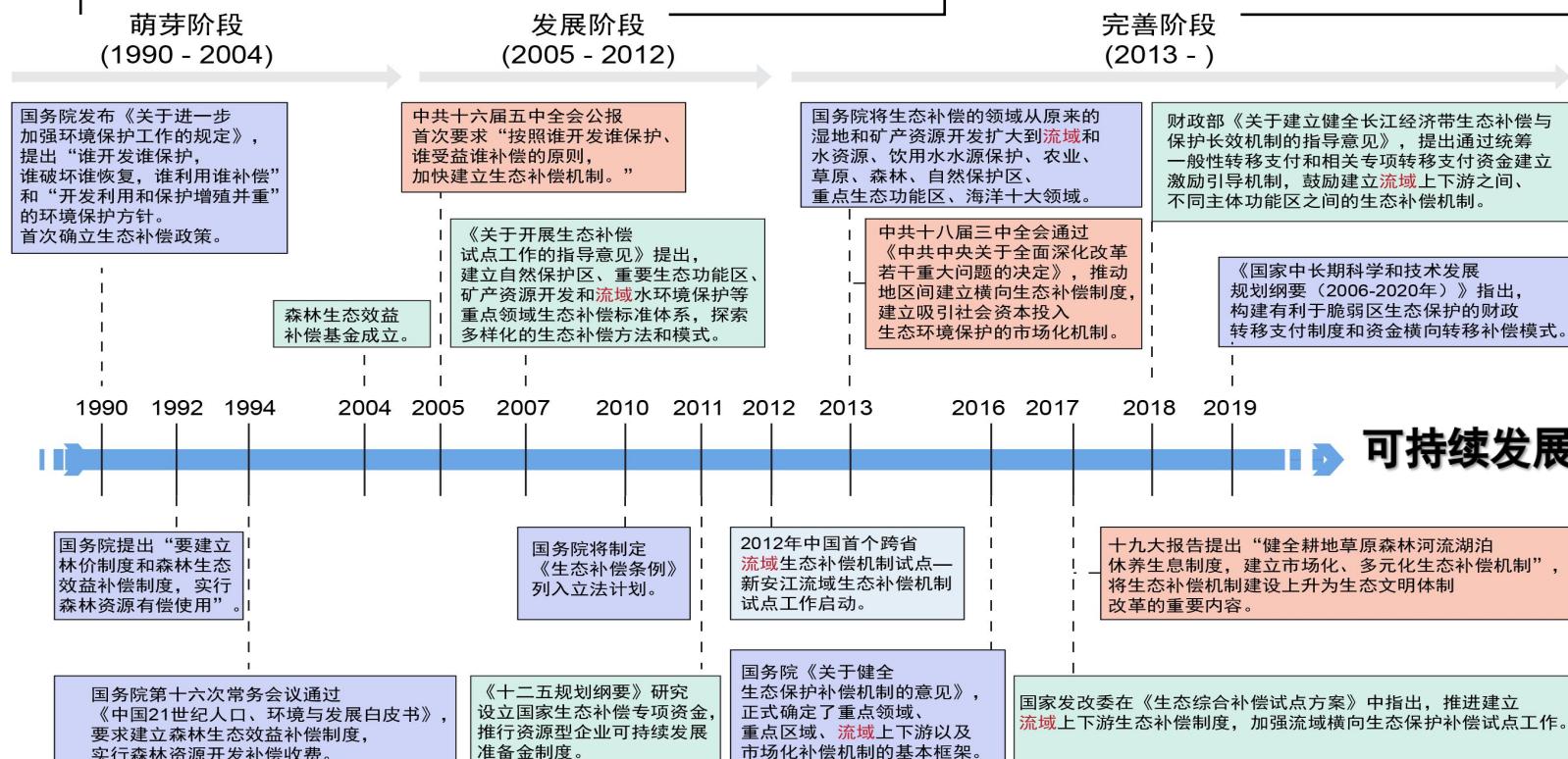
我国生态补偿政策与实践探索

China's exploration of ecological compensation policy and practices

➤ 萌芽阶段

(Germination Stage)

遏制日益严重的自然资源减少
和生态环境恶化趋势



➤ 发展阶段

(Development stage)

通过有偿使用约束人
们使用自然资源

➤ 完善阶段

(Improvement stage)

采取转移支付或市场
交易等方式对生态保
护者给予补偿，建立
市场化、多元化生态
补偿机制

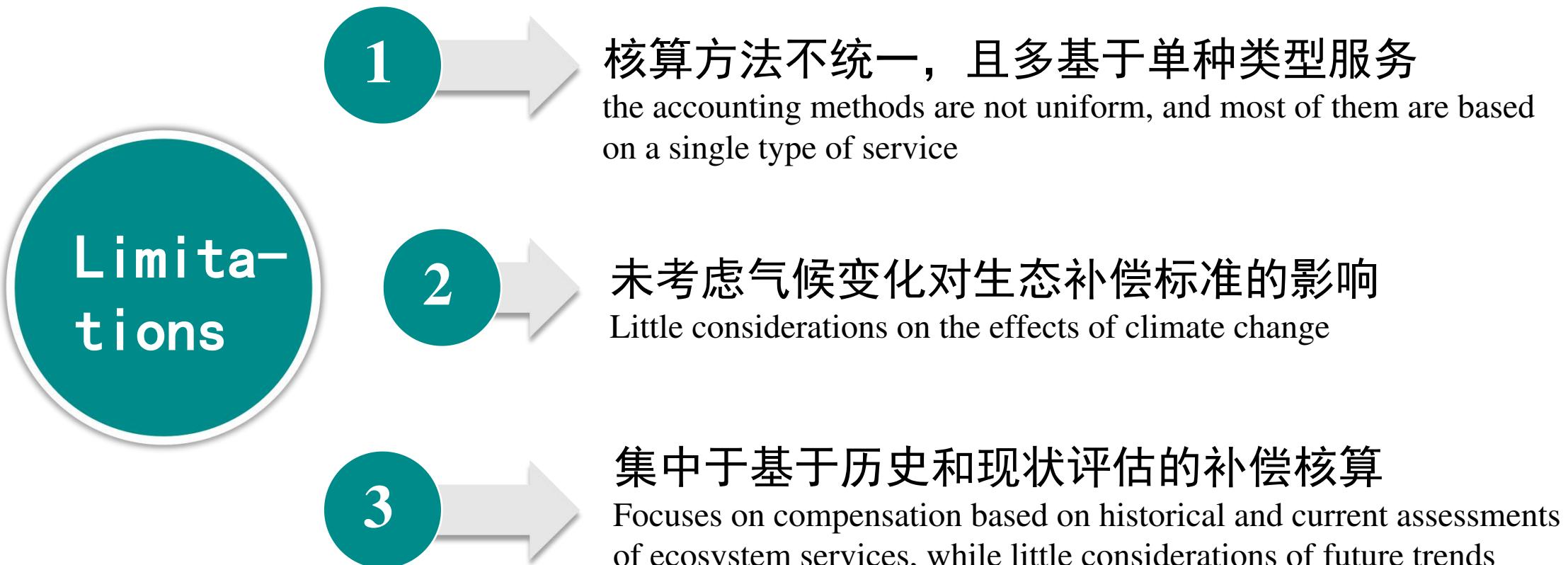


研究中存在的问题

Problems existed in previous researches

➤ 生态补偿标准是生态补偿机制的核心，当前研究：

Ecological compensation standard is the core of ecological compensation mechanism, however:





研究目标与意义

Objectives and significance

➤ 明确西江流域土地覆盖空间分布格局与历史演变特征

Clarify the spatial patterns and historical evolution characteristics of different land covers

➤ 明确西江流域生物多样性保护重要性、生态系统服务功能与价值

Quantify the importance of biodiversity conservation, and the spatial-temporal distribution characteristics in the biophysical supply and value of ecosystem services

➤ 探索SEEA框架下基于情景模拟的生态系统服务评估方法

Explore how the SEEA framework can support the scenario-based assessment of ecosystem services

➤ 揭示未来气候和土地覆盖变化耦合影响下西江流域生物多样性和生态系统服务的变化趋势

Calculate the ecological compensation standard by exploring potential trends of ecosystem services with the coupling effects of future climate and land cover changes

本研究对于流域补偿标准精确量化和补偿政策实施具有重要意义

This study is of great significance for the accurate quantification of watershed compensation standards and the implementation of compensation policies.



研究内容

Main research contents

1

土地覆盖格局 与演变特征

Conversion characteristics of
land cover patterns

- 分析土地覆盖空间分布及历史演变特征
- 辨识土地覆盖变化的主要驱动因子；
- 模拟未来土地覆盖空间分布情景

2

生态系统服务 时空变化特征

Spatial-temporal changes
of ecosystem services

- 对比不同评估模型在流域的适用性；
- 模拟分析未来情景下，不同生态系统服务空间分布与变化特征；
- 评估生态系统服务价值及其时空差异。

3

生态补偿标准 与变化特征

Standards and changes of
ecological compensation

- 分析上游不同情景下生态系统服务变化特征；
- 估算上游生态保护效益与生态保护成本；
- 分析不同情景下生态补偿的阈值变化特征。

02

技术方法

Research Methods



研究区概况

Study area

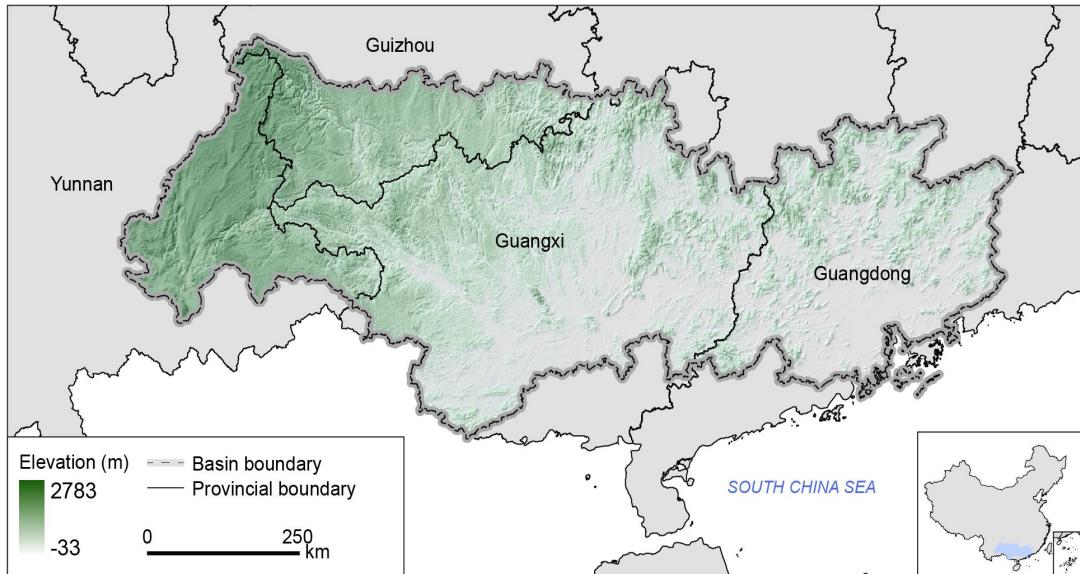
➤ 西江流域 (Xijiang river basin)

- 集水区面积 $3.6 \times 10^5 \text{ km}^2$, 位于广西境内面积占流域总面积的58%

a catchment of $3.6 \times 10^5 \text{ km}^2$, with 58% located in Guangxi

- 亚热带季风气候, 年均气温 21.3°C , 年均降雨量 1537.1 mm

a subtropical monsoon climate, with an annual average temperature of 21.3°C and an annual average rainfall of 1537.1 mm .



退耕还林



水土流失综合治理



为保护流域生态环境, 上游投入了大量人力、物力、财力用于水环境保护与治理、流域污染控制等方面, 丧失了许多社会经济发展的机会。

畜禽养殖污染控制





➤生态补偿标准核算框架

accounting framework for ecological compensation standards

生态系统格局分析

Analysis of ecosystem patterns

情景设计与模拟

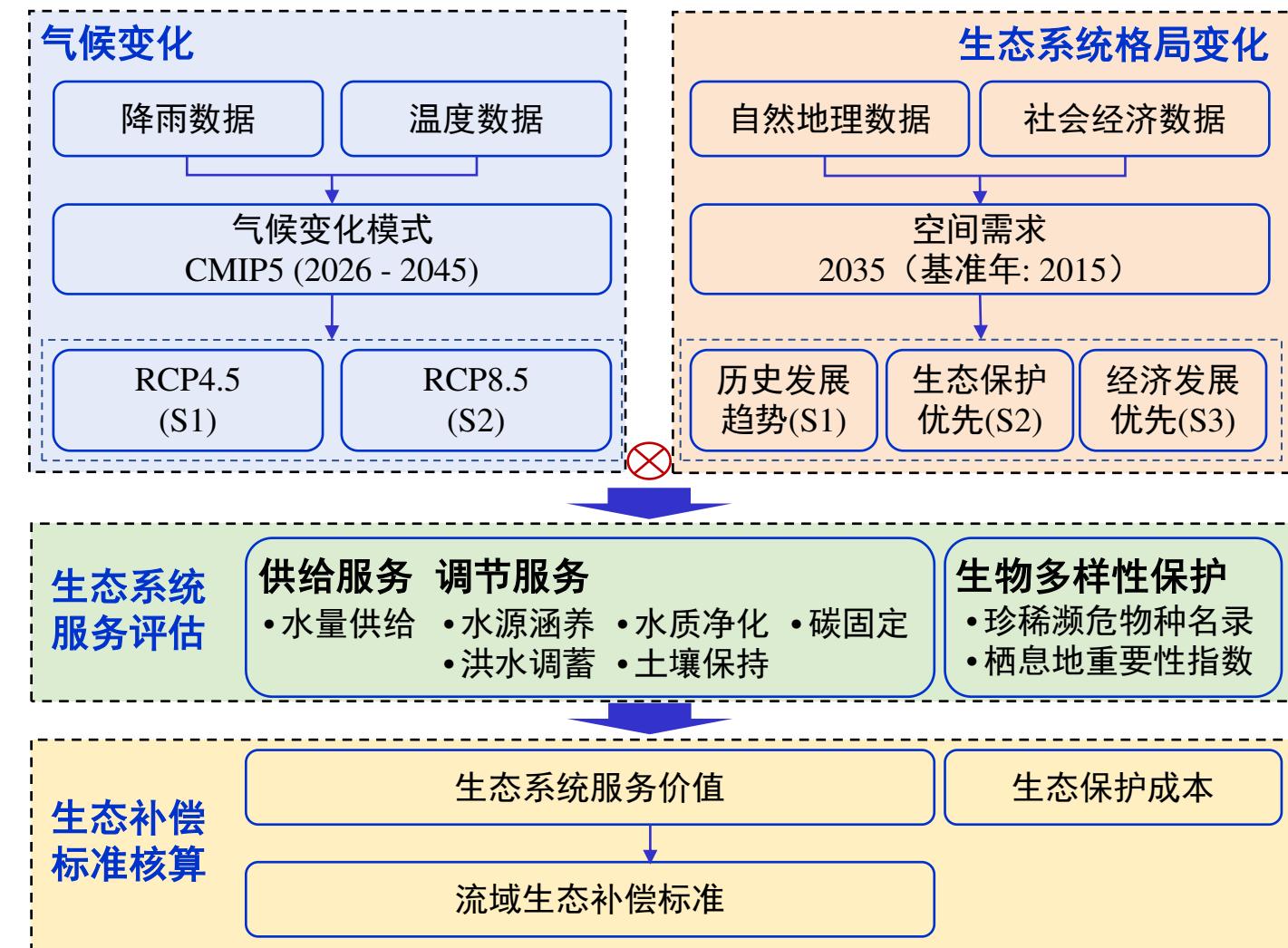
Design and simulation of different scenarios

生态系统服务评估

Assessment of ecosystem services

生态补偿标准核算

Calculation of ecological compensation standards

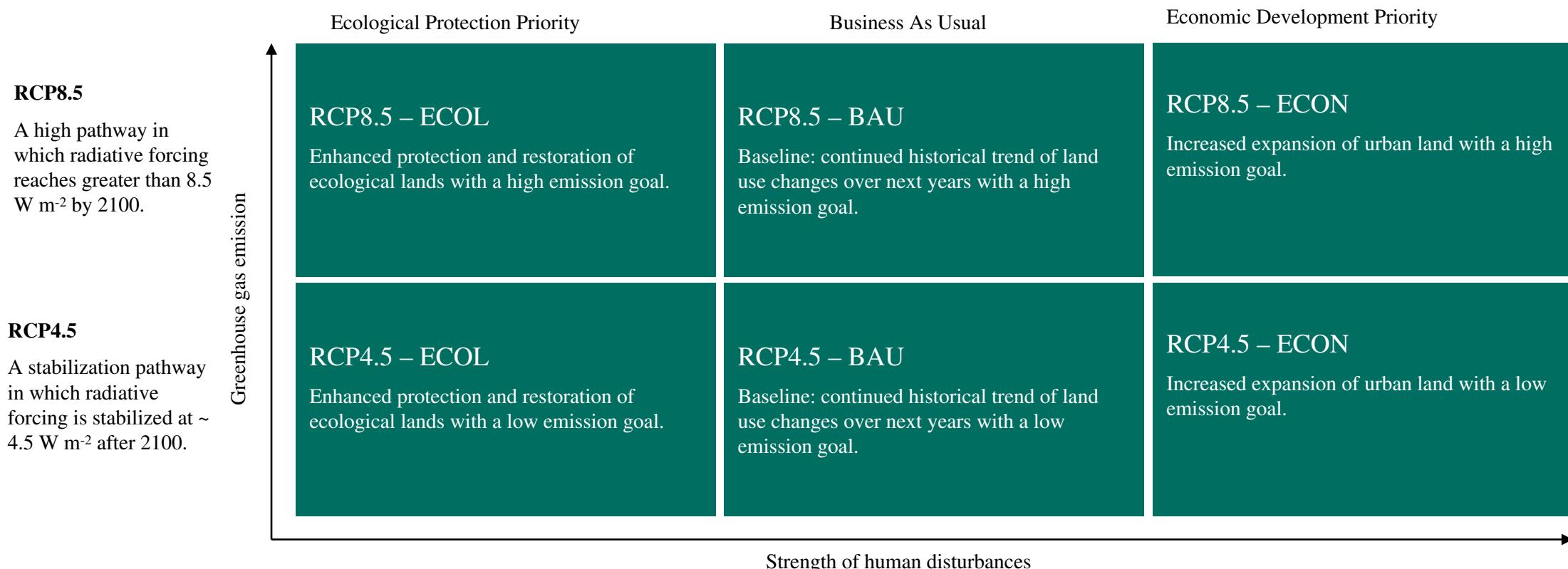




气候变化与土地覆盖变化情景

Climatic and land cover change scenarios

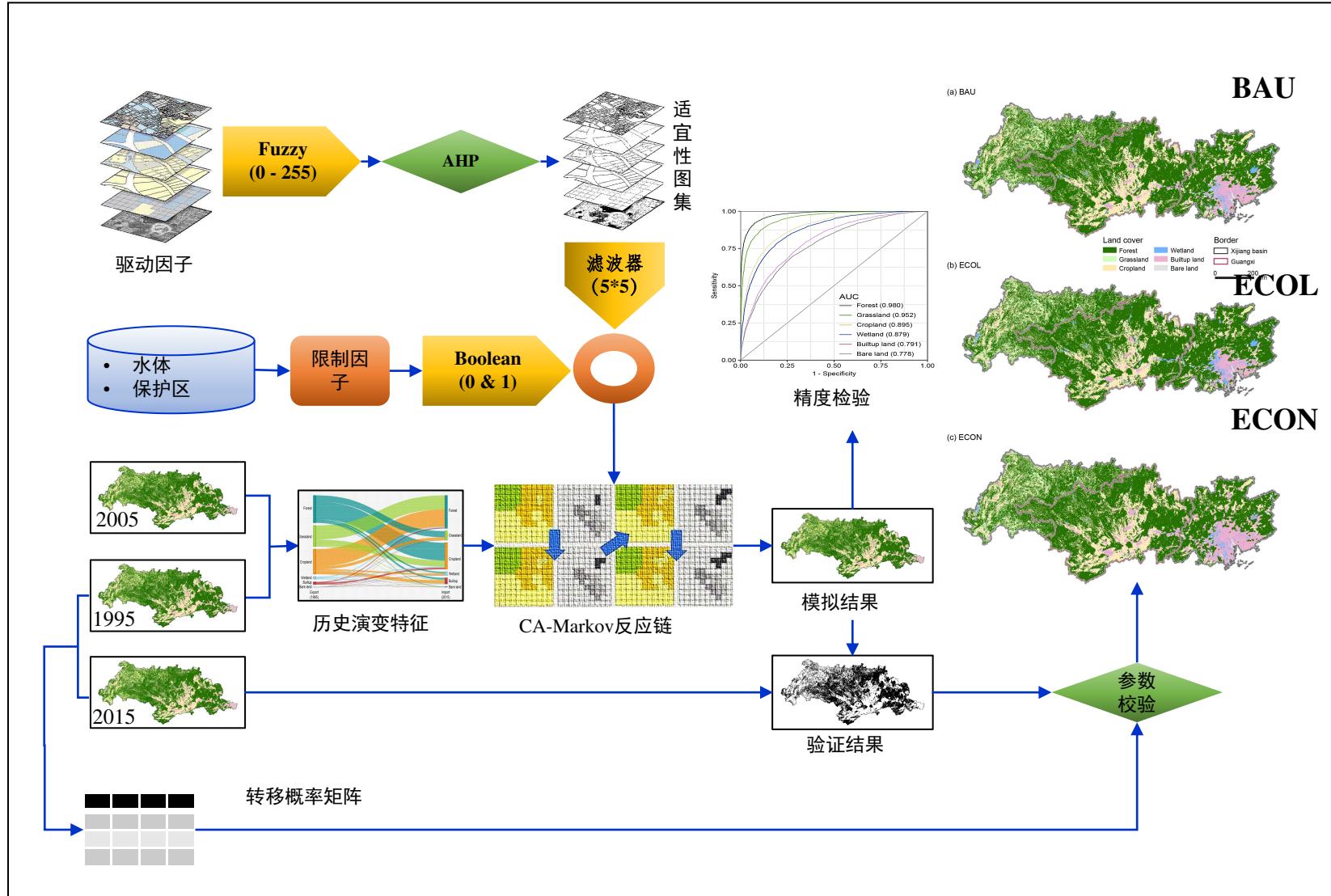
- 以土地覆盖变化表征人类活动干扰
human disturbances indicated by land cover changes
- 考虑未来不同的温室气体排放目标，以降雨变化表征气候变化特征
climate changes indicated by rainfall changes with different GHG emission targets





模型模拟

Diagram of simulation process



Business As Usual (BAU)

In this scenario, the historical trend of land cover changes from 1995 to 2015 was assumed to continue without any change in the environmental and economic development policies during 2015 - 2035. With the scenario set, it is possible to provide a benchmark for the comparison of different land policy consequences.

Ecological Protection Priority (ECOL)

The ECOL scenario focuses on the protection and restoration of ecological lands including forest, grassland and wetland during 2015 - 2035. Assumptions are made that the protection and restoration of ecological lands will be enhanced during this period and the social - economic development of different regions give priority to ecological protection and restoration to

Economic Development Priority (ECON)

systems provide to humans. During the model processes, the area of built-up lands, which refer to construction lands, was expanded by increasing the transformation rates of other land cover types (e.g., forest land, grassland and wetland).



生态系统服务功能评估

Assessment of biophysical ecosystem service supplies

生态系统服务 Ecosystem service	评估模型 Assessment models	参数 Key parameters
水量供给 Water provision	$WY_i = \left(1 - \frac{AET_i}{P_i}\right) \times P_i \times 10^{-3} \times A_i$	WY _i 为生态系统i的产水量 (m ³)；AET _i 为生态系统i的实际蒸散发 (mm)；P _i 为生态系统i的年平均降雨量 (mm)；A _i 为生态系统i的面积 (m ²)。
	$WY_{tn} = WY_n + \left(\sum_{n=1}^t (P_n - R_n - AET_n - W_n - T_n) \right) \times 10^{-3} \times A$	WY _{tn} 为第n天的产水量 (m ³)；WY _n 为第n天的初始含水量 (m ³)；t为时间 (day)；P _n 为第n天的降雨量 (mm)；R _n 为第n天的地表径流量 (mm)；AET _n 为第n天的实际蒸散发 (mm)；W _n 为第n天土壤剖面底层的渗透量和侧流量 (mm)；T _n 为第n天的地下水回流量 (mm)；A为计算单元的面积 (m ²)。
水源涵养 Water retention	$WR_i = \sum_{m=1}^{12} (P_{i,m} - R_{i,m} - AET_{i,m}) \times 10^{-3} \times A$	WR _i 为生态系统i的水源涵养量 (m ³)；P _i 为生态系统i的降雨量 (mm)；R _i 为生态系统i的暴雨径流 (mm)；AET _i 为生态系统i的实际蒸散发 (mm)；A _i 为生态系统i的面积 (m ²)。
洪水调蓄 Flood mitigation	$FM = FM_{vegetation} + FM_{lakes} + FM_{reservoir}$	FM为洪水调蓄量 (m ³)；FM _{vegetation} 为自然植被洪水调蓄量 (m ³)；FM _{lakes} 为湖泊调蓄水量 (m ³)；FM _{reservoir} 为水库防洪库容量 (m ³)。
水质净化 Water purification	$WP_i = Load_i \times (1 - NDR_i)$	WP _i 为生态系统i的非点源污染控制量 (kg)；Load _i 为生态系统的污染负荷 (kg)；NDR _i 为非点源污染物输出至河流的比例 (无量纲)。
土壤保持 Soil retention	$SR_i = R_i \times K_i \times L_i \times S_i \times (1 - C)$	SR _i 为栅格i的土壤保持量 (tons)；R为降雨侵蚀力因子 (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ yr ⁻¹)；K为土壤可蚀性因子 (tons ha h ha ⁻¹ MJ ⁻¹ mm ⁻¹)；L为坡长因子 (无量纲)；S为坡度因子 (无量纲)；C为植被覆盖因子 (无量纲)。
碳固定 Carbon sequestration	$ACS = (\sum_{i=1}^n BCS_{i,t2} - \sum_{i=1}^n BCS_{i,t1}) / (t_2 - t_1)$	ACS为生态系统固碳量 (tons yr ⁻¹)；BCS _{i,t1} 和BCS _{i,t2} 分别为t1和t2年的碳存储量 (tons)，其中碳存储量通过碳密度估算获得。

生物多样性 (Biodiversity)

珍稀濒危物种筛选

物种栖息地空间分布

环境因子
(高程；栖息地)

潜在栖息地分布空间识别

加权累积得分
权重因子：CR 3; EN 2;
VU 1

物种栖息地重要性指数



生态系统服务价值评估

Assessment of ecosystem service values

生态系统服务 Ecosystem service	价值量评估模型 Assessment models	参数 Key parameters
水量供给 Water provision	$V_{wp} = Q_{wp} \times c$	V_{wp} 为水量供给总价值量 (CNY yr ⁻¹) ; Q_{wp} 为区域内总的产水量 (m ³ yr ⁻¹) ; c 为水库单位库容造价 (CNY m ⁻³) 。
水源涵养 Water retention	$V_{wr} = Q_{wr} \times c$	V_{wr} 为水源涵养总价值 (CNY yr ⁻¹) ; Q_{wr} 为水源涵养量 (m ³ yr ⁻¹) ; c 为水库单位库容造价 (CNY m ⁻³) 。
洪水调蓄 Flood mitigation	$V_{fm} = Q_{fm} \times c$	V_{fm} 为生态系统洪水调蓄价值(CNY yr ⁻¹); Q_{fm} 为湖泊、水库、沼泽) 蓄水量 (m ³ yr ⁻¹); c 为建设单位库容的造价 (CNY m ⁻³) 。
水质净化 Water purification	$V_{npc} = \sum_{i=1}^n WP_i \times c_i$	V_{npc} 为 水质净化价值 (CNY yr ⁻¹) ; Q_{npc} 为水质净化量 (tons yr ⁻¹) ; c_i 为污染物i的治理成本 (CNY ton ⁻¹) ; i 为污染物类型。
土壤保持 Soil retention	$V_{sr} = V_{sd} + V_{pd}$	V_{sr} 为土壤保持价值; V_{sd} 为减少泥沙淤积价值; V_{pd} 为减少面源污染价值。
碳固定 Carbon sequestration	$V_{cs} = Q_{cs} \times CM$	V_{cs} 为生态系统固碳价值 (CNY yr ⁻¹) ; Q_{cs} 为生态系统固碳总量 (tons yr ⁻¹) ; CM 为固碳成本 (CNY ton ⁻¹) 。



生态补偿标准核算

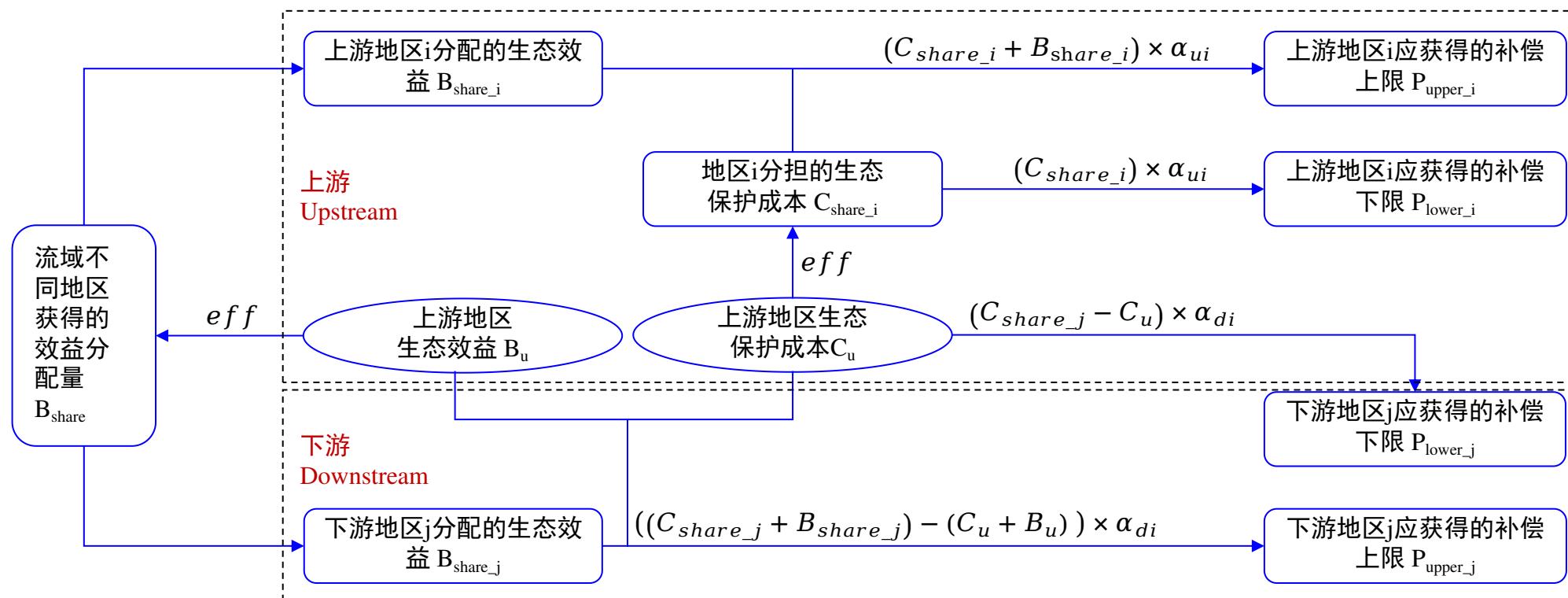
Calculation of ecological compensation standards

➤ 流域不同地区应获得的补偿阈值

thresholds for the ecological compensation obtained by different regions

• 上下游地区共同分担生态保护效益或成本

The upstream and downstream regions share the benefits or costs of ecological protection





基础数据与来源

Basic data and sources

数据名称 Name	数据类型 Type	描述 Description	来源 Source	应用模型 Models	生态系统服务 Services
国土资源数据					
土地覆盖	栅格数据	1995年、2015年解译数据，2035年模拟数据，1 km空间分辨率。	中国科学院资源环境科学数据中心，全国生态系统与生态安全数据库。	经验模型	水源涵养，洪水调蓄
				InVEST	水量供给，水质净化，土壤保持，碳固定
				SWAT	水量供给
气象数据					
降雨	栅格数据	历史反演采用1980 – 2010年年平均降雨量，现状分析采用2015 – 2018年年平均降雨量，未来情景模拟采用2026 – 2045年平均降雨量。1 km空间分辨率。	Global Precipitation Climatology Project Database V2 (1980 - 2010), 国家气象科学数据中心 (2015 - 2018) ; ESGF-CoG WorldClim Database (2026 - 2045)	经验模型	水源涵养
				InVEST	水量供给，水质净化
				SWAT	水量供给
降雨事件记录	字符分隔值文件	降雨量大于0.1 mm (http://drought.unl.edu/MonitoringTools/USRainDaysandDryDays.aspx)	广西气象局；国家气象科学数据中心。	经验模型	水源涵养
暴雨降雨量	栅格数据	以12小时内降雨量大于30 mm界定暴雨事件 (China Meteorological Administration, http://www.cma.gov.cn/)。	广西气象局；国家气象科学数据中心。	经验模型	洪水调蓄
参考蒸散发	栅格数据	根据文献中的方法计算获得。1 km空间分辨率。	Global Precipitation Climatology Project Database Version 2 (1980 - 2010), (Valiantzas, 2018).	经验模型	水源涵养
气温、湿度、风速	矢量数据	2015 – 2018年逐日气象数据	广西气象局；国家气象科学数据中心。	InVEST	水量供给
土壤数据					
土壤类型	栅格数据	1 km空间分辨率	HWSD v1.2 土壤数据库	SWAT	水量供给
土壤有效含水量	栅格数据	1 km空间分辨率	HWSD v1.2 土壤数据库	InVEST	水量供给
土壤物理属性	mdb数据表	土壤粒径、容重、水文分组、土壤深度、地表反射率等	HWSD v1.2 土壤数据库	SWAT	水量供给
降雨侵蚀力因子	栅格数据	根据文献中的方法计算获得。1 km空间分辨率。	(Renard and Freimund, 1994)	InVEST	土壤保持
土壤可蚀性因子	栅格数据	采用HWSD v1.2中的土壤质地数据，根据文献中的方法计算获得。1 km空间分辨率	(Renard 等, 1997)	InVEST	土壤保持
土壤根系深度	栅格数据	1 km空间分辨率	HWSD v1.2 土壤数据库	InVEST	水量供给
碳密度	字符分隔值文件		2010s年中国陆地生态系统碳密度数据集	InVEST	碳固定
地形数据					
DEM	栅格数据	SRTM1, 16位数字高程数据，30 m空间分辨率。	NASA Shuttle Radar Topography Database	经验模型	水源涵养
				InVEST	水质净化，土壤保持
				SWAT	水量供给
水文数据					
河流流量	矢量数据	2016 – 2018年逐日流量数据	广西水利厅	SWAT	水量供给
暴雨径流量	栅格数据	根据文献中的方法计算获得。1 km 空间分辨率。	采用暴雨降雨量数据，根据文献方法计算获得(Ouyang 等, 2016)。	经验模型	洪水调蓄
水库总库容	字符分隔值文件	大(1)型、大(2)型水库2015年总库容数据。	广西水利厅	经验模型	洪水调蓄
社会经济数据					
道路	矢量数据	包括国道、省道、铁路以及城市主干道	Google 影像2018	CA-Markov	
POI	矢量数据	包括交通枢纽和居民点	Google 影像2018	CA-Markov	
人口	栅格数据	人口密度，1 km 空间分辨率	中国科学院资源环境科学数据中心	CA-Markov	
GDP	栅格数据	1 km 空间分辨率	中国科学院资源环境科学数据中心	CA-Markov	

03

主要结果

Main Results



1 土地覆盖格局及其演变特征

Conversion characteristics of land cover patterns

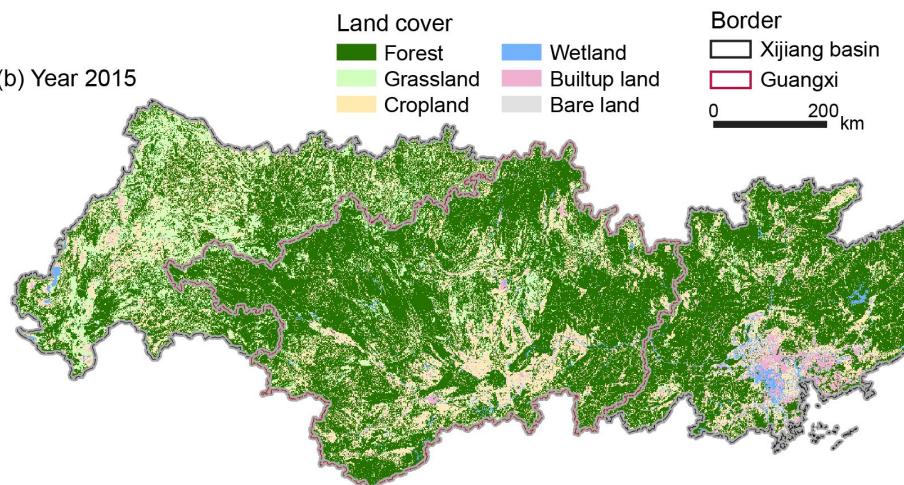
➤ 土地覆盖格局历史演变

historical patterns

(a) Year 1995



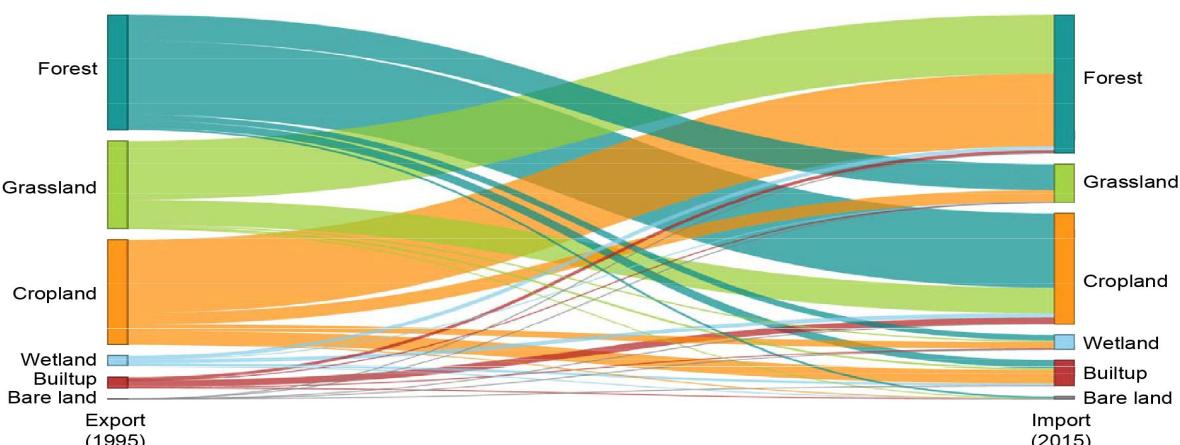
(b) Year 2015



不同土地覆盖类型面积和比例
Areas and proportions of different land cover types

土地覆盖	1995年		2015年	
	面积 (km ²)	比例 (%)	面积 (km ²)	比例 (%)
林地	167380	51.7	177952	55.0
草地	48628	15.0	27336	8.4
耕地	90219	27.9	90868	28.1
湿地	8354	2.6	10118	3.1
建设用地	9143	2.8	16237	5.0
裸地	134	0.1	1347	0.4

不同土地覆盖类型之间的转变
Conversion among different land cover types





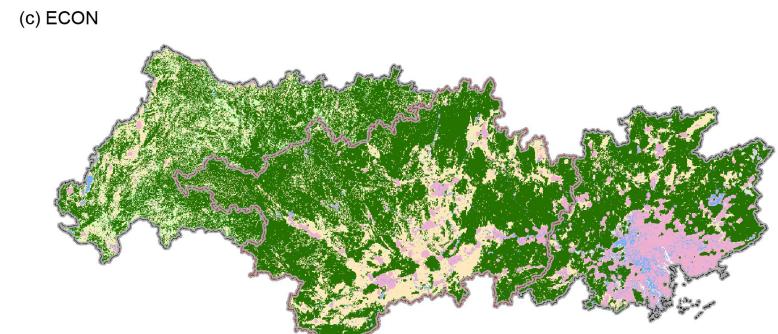
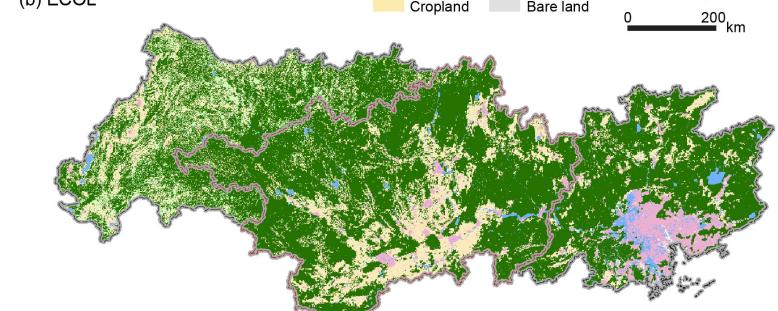
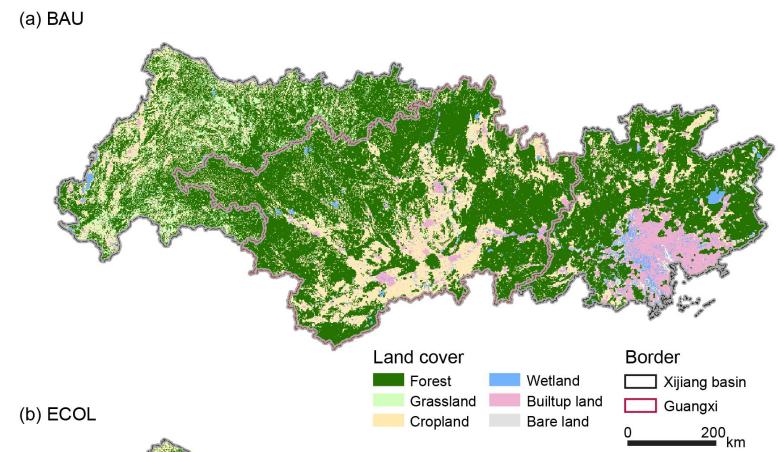
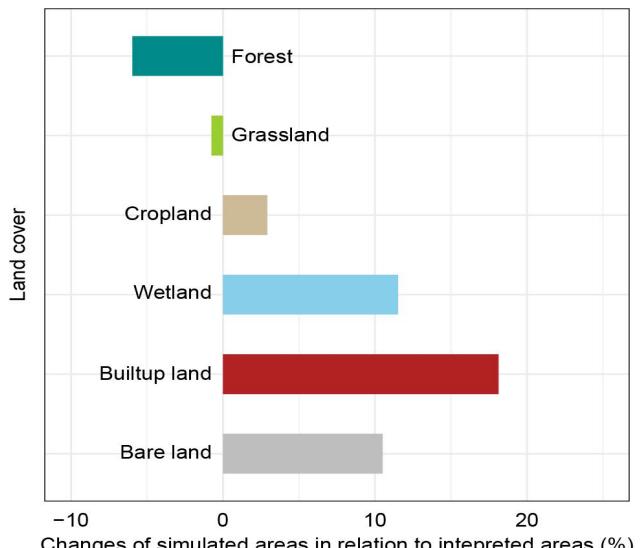
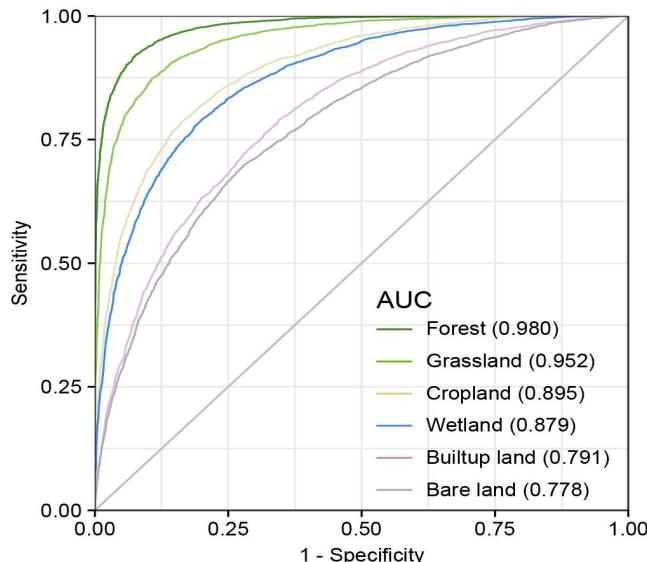
1 土地覆盖格局及其演变特征

Conversion characteristics of land cover patterns

➤ 2035年土地覆盖空间格局 (Land cover patterns in 2035)

- ECOL情景下，林地、草地和湿地面积均有所增加，其中以湿地增加为主。ECON情景下，面积有所减少，其中以草地的减少为主。

The areas of forest, grassland and wetland would increase under the ECOL scenario, with the most increase found for wetland. But the areas would decrease under the ECON scenario, with the most decrease found for grassland.





2 生态系统服务时空变化特征

Spatial and temporal changes in biophysical ecosystem service supplies

物种栖息地重要性指数

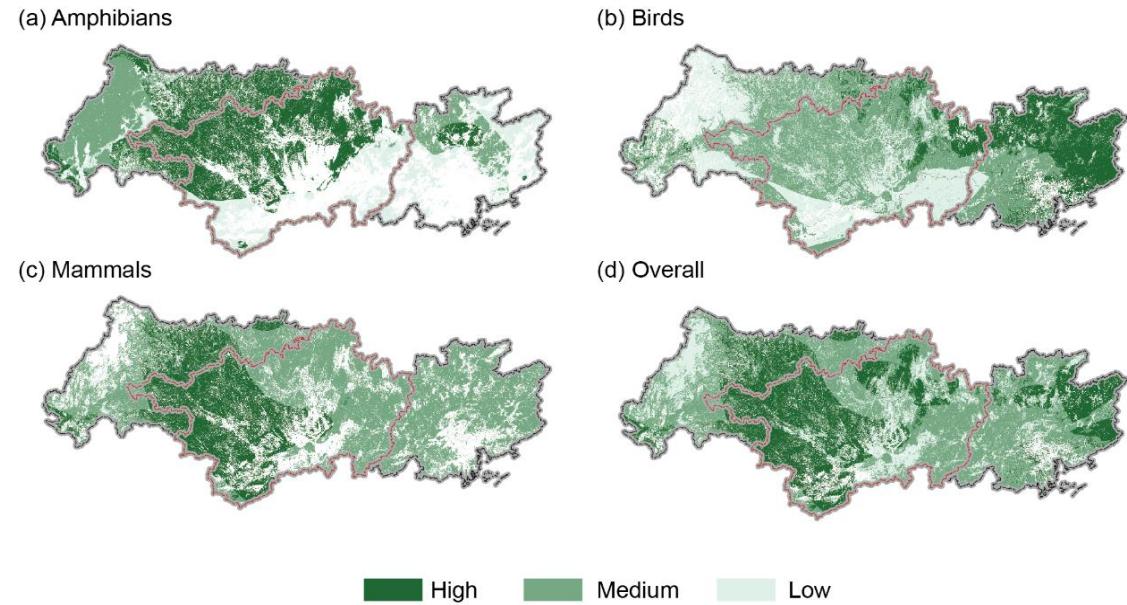
Importance index for habitats

珍稀濒危物种名录（截取）

List of rare and endangered species

ID_NO/SISID	BINOMIAL/SCINAME	Red List Category	MAIN	GROUP
135910	Rhacophorus minimus	EN	amphibians	tailless
57590	Oreolalax jingdongensis	VU	amphibians	tailless
57600	Oreolalax rhodostigmatus	VU	amphibians	tailless
57627	Leptobrachium leishanense	EN	amphibians	tailless
57633	Megophrys brachykolos	EN	amphibians	tailless
58210	Amolops hongkongensis	EN	amphibians	tailless
58212	Nannophrys maculata	EN	amphibians	tailless
58420	Quasipaa boulengeri	EN	amphibians	tailless
58424	Quasipaa exilispinosa	VU	amphibians	tailless
58439	Quasipaa spinosa	VU	amphibians	tailless
1	(Critically endanger, Endanger, Vulnerable)		amphibians	tailed
59488	Tylototriton wenxianensis	VU	amphibians	tailed
59458	Paramesotriton fuzhongensis	VU	amphibians	tailed
59459	Paramesotriton guangxiensis	EN	amphibians	tailed
47144899	Tylototriton ziegleri	VU	amphibians	tailed
12	两栖类25种、鸟类37种、哺乳类11种		mammals	terrestrial
14941	Nycticebus pygmaeus	VU	mammals	terrestrial
18	(amphibians 25, birds 37, mammals 11)		mammals	terrestrial
22040	Trachypithecus phayrei	EN	mammals	terrestrial
22045	Trachypithecus poliocephalus	CR	mammals	terrestrial
39758	Nycticebus bengalensis	VU	mammals	terrestrial
39895	Nomascus leucogenys	CR	mammals	terrestrial
39853	Trachypithecus francoisi	EN	mammals	terrestrial
41642	Nomascus nasutus	CR	mammals	terrestrial
9679	Hapalomys delacouri	VU	mammals	terrestrial

不同物种栖息地重要性指数分布
Distribution of habitat importance index



	极重要		重要		一般重要	
	Very important	面积 (km ²)	比例 (%)	面积 (km ²)	比例 (%)	面积 (km ²)
两栖类 Amphibians	85060	19.2	315627	71.3	42171	9.5
鸟类 Birds	132253	29.9	227356	51.3	83249	18.8
哺乳类 mammals	177476	40.1	222085	50.2	43297	9.8

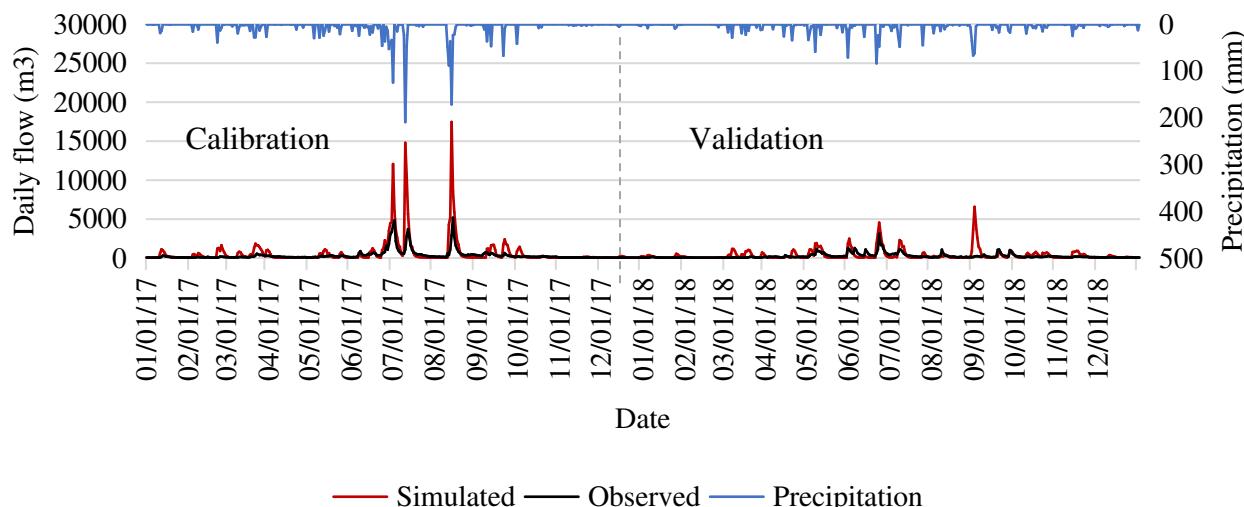


2 生态系统服务时空变化特征

Spatial and temporal changes in biophysical ecosystem service supplies

➤ 生态系统服务功能量 – 供给服务

- 采用InVEST和SWAT模型估算产水量
fresh water provision based on InVEST and SWAT models
- SWAT模型数据处理过程主要包括：基础数据库构建、水文响应单元划分以及参数率定
modeling processes including database building, division of HRU and calibration of parameters



参数 Parameters	拟合值 Fitted	单 位 Unit	校正方法 Methods	敏感性等级 Sensitivity	参数描述 Description
CN2.mgt	-0.707		Weighted	8	Soil permeability
GWQMN.gw	8.542	mm	Add	6	Threshold water depth for return flow
GW_REVAP.gw	0.145		Replace	5	Groundwater revap coefficient
REVAPMN.gw	2.372	mm	Replace	9	Threshold water depth for percolation
ALPHA_BF.gw	0.798	1/d	Replace	2	Baseflow alpha factor
ESCO.hru	0.978		Replace	7	Evaporation compensation factor
SOL_AWC.sol	0.022		Weighted	3	Plant available water content
SOL_K.sol	-0.186	mm/h	Weighted	4	Saturated soil hydrologic conductivity
CH_K2.rte	18.689	mm/h	Replace	1	Effective hydraulic conductivity



2 生态系统服务时空变化特征

Spatial and temporal changes in biophysical ecosystem service supplies

➤ 生态系统服务功能量 – 供给服务

Biophysical supply – provisioning service

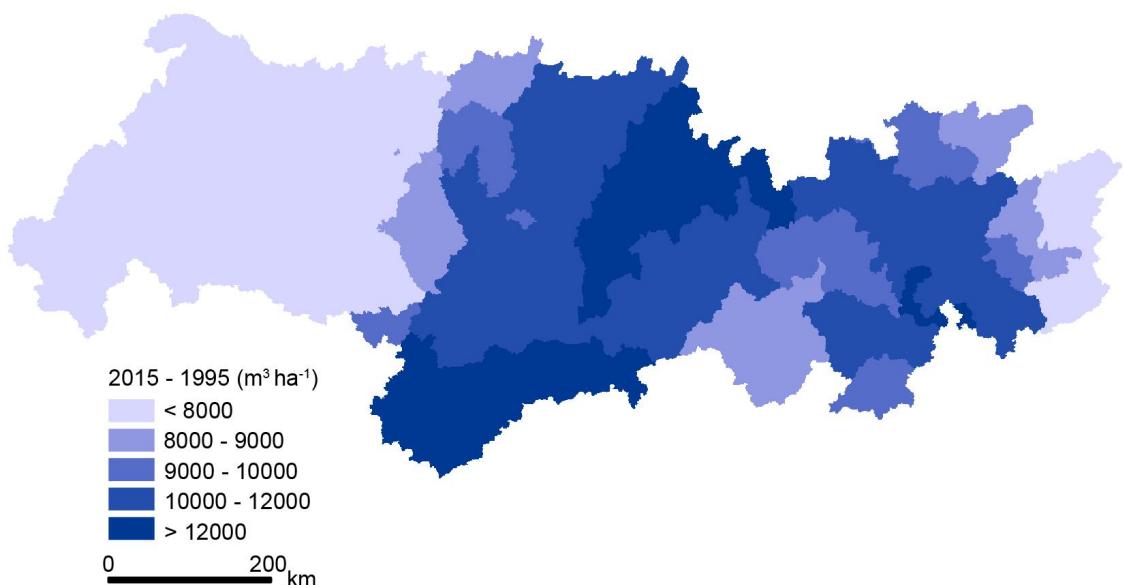
- 2015年西江流域产水量为 $8.8 \times 10^{11} \text{ m}^3$,
较1995年增加20.5%

The total amount of water production was $8.8 \times 10^{11} \text{ m}^3$ in 2015, 20.5% higher than that in 1995.

- 产水量增加较多的地区集中于广西,
以及广东的部分地区

The most increases were concentrated in Guangxi and parts of Guangdong.

西江流域1995 - 2015年产水量变化
Changes of water production during 1995 - 2015





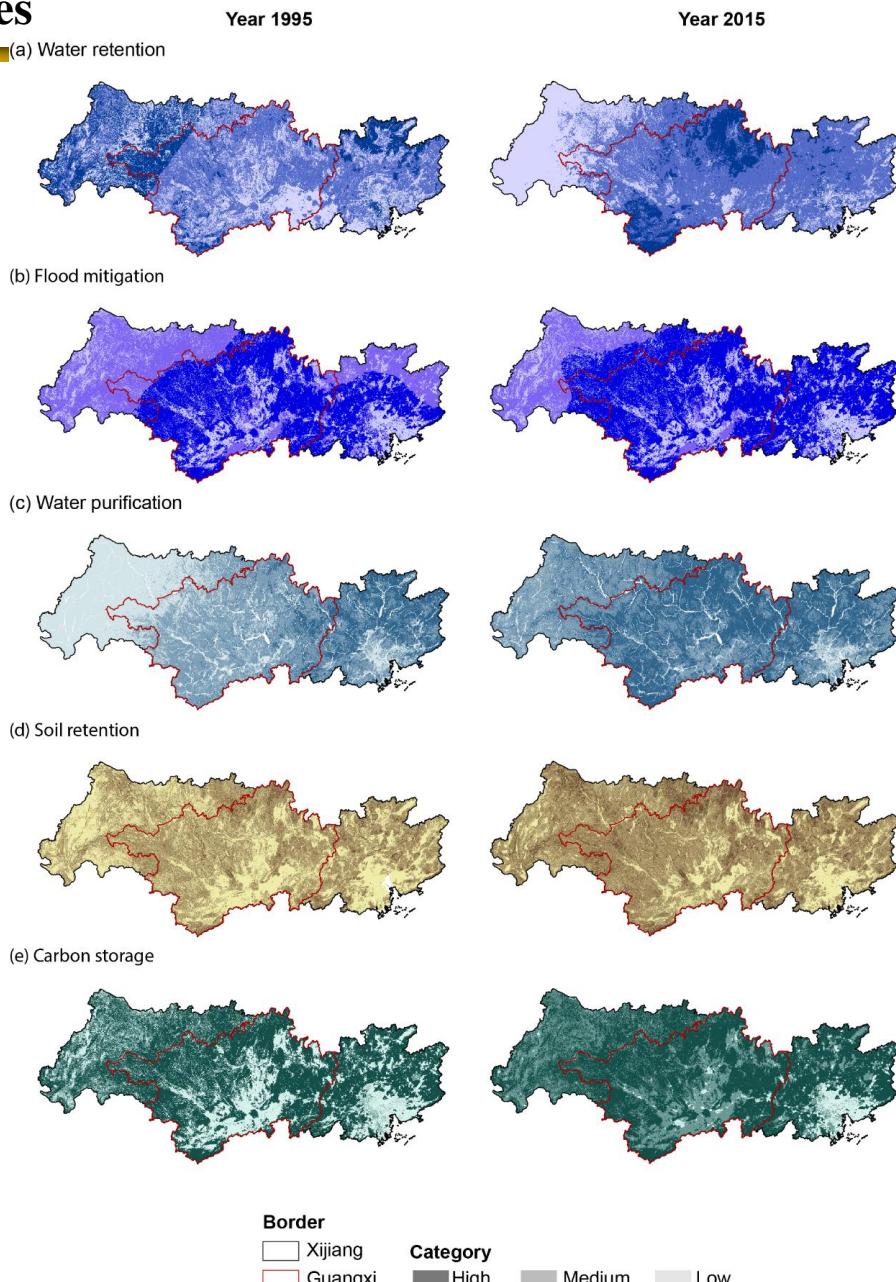
2 生态系统服务时空变化特征

Spatial and temporal changes in biophysical ecosystem service supplies

➤ 生态系统服务功能量 – 调节服务

- 水质净化和土壤保持服务的功能量有所增加
increase in the biophysical supply of water purification and soil retention
- 洪水调蓄、水质净化、土壤保持和碳储存服务极重要区分布整体向流域西北部递增
migration to the northwest part for the areas with high supply of flood mitigation, water purification, soil retention and carbon storage services

生态系统服务 Ecosystem service	单位 Unit	西江流域 Xijiang		广西 Guangxi		相对变化 (%) Changes	
		1995年	2015年	1995年	2015年	西江流域	广西
水源涵养	10^8 m^3	1088	905	448	424	-16.8	-5.5
洪水调蓄	10^8 m^3	4381	1096	1658	578	-75.0	-65.1
水质净化	10^8 t	3859	5870	1747	2469	52.1	41.3
土壤保持	10^8 t	4184	5783	1904	2800	38.2	47.0
碳固定	10^8 t	-	369	-	191	-	-





2 生态系统服务时空变化特征

Spatial and temporal changes in biophysical ecosystem service supplies

➤ 生态系统服务价值

- 2015年水量供给服务价值为35745亿元

the total value of water provisioning service was 3, 575 billion CNY in 2015.

- 调节服务总价值为101753亿元，其中水质净化服务价值大于其他调节服务

the total value of regulating services was 10175 billion CNY in 2015.

西江流域生态系统服务价值 (10^8 CNY)

Ecosystem service value (10^8 CNY) in 1995 and 2015

生态系统服务 Ecosystem service	西江流域 Xijiang		广西 Guangxi	
	1995年	2015年	1995年	2015年
水量供给 Water provision	29655	35745	11010	11287
水源涵养 Water retention	4405	3848	1816	1716
洪水调蓄 Flood mitigation	17745	4439	6716	2341
水质净化 Water purification	38590	58698	17475	24687
土壤保持 Soil retention	9663	13588	4397	6466
碳固定 Carbon sequestration	-	21180		10983



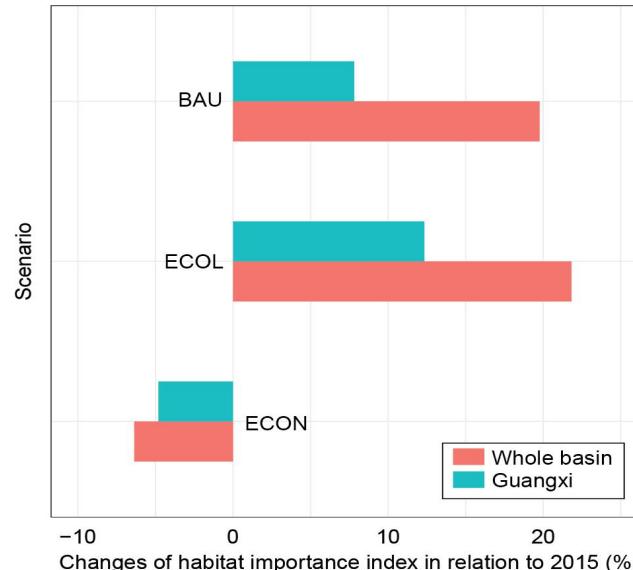
3 不同情景下生态系统服务变化

Changes of ecosystem services under different scenarios

➤ 不同情景下栖息地保护重要性指数和分布面积变化

- ECOL情景下栖息地重要性指数和极重要区面积均有所增加，且大于BAU情景
increases in habitat importance index values and the areas with high importance

栖息地保护重要性指数变化
Changes of habitat importance index



情景	面积 (km ²)			比例 (%)		
	高	中	低	高	中	低
BAU	122245	117047	192453	28.3	27.1	44.6
ECOL	175017	149275	107453	40.5	34.6	24.9
ECON	91104	99135	241506	21.1	23.0	56.0

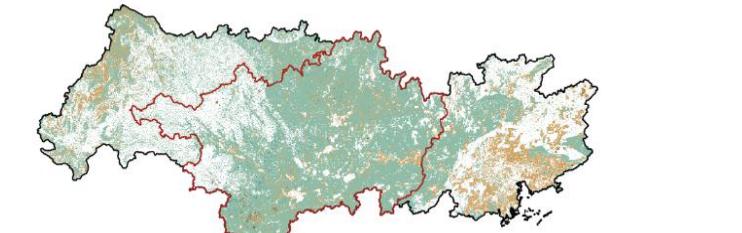
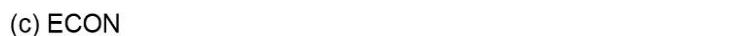
(a) ECOL



(b) BAU



(c) ECON





3 不同情景下生态系统服务变化

Changes of ecosystem services under different scenarios

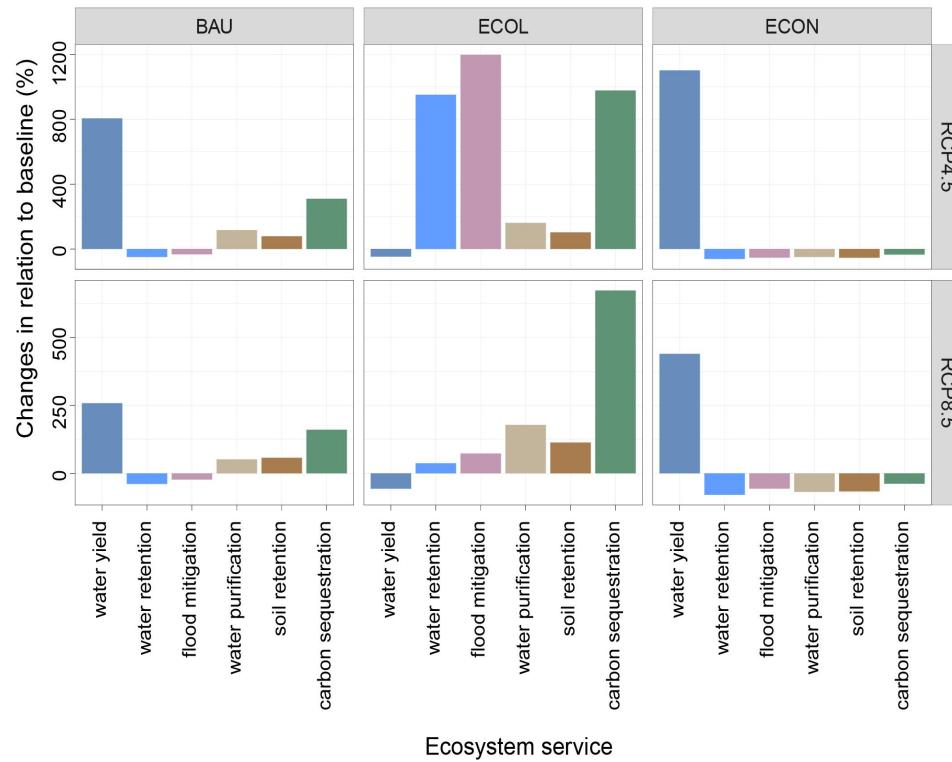
➤ 不同情景下生态系统服务功能量

- 在相同RCP下，ECON情景更有助于地表径流的形成
Under the same RCP, the ECON scenario is more conducive to the formation of surface runoff

- ECOL-RCP4.5组合情景下，各类型调节服务的功能量增加比例大于其他情景组合

In the combination of ECOL-RCP4.5, the increase proportion of biophysical regulating service supplies is higher than in other combinations

		情景					
		BAU		ECOL		ECON	
	单位	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
水量供给	10 ⁸ m ³	79948	31587	4676	3852	106081	47632
水源涵养	10 ⁸ m ³	484	577	9993	1302	366	202
洪水调蓄	10 ⁸ m ³	732	843	14233	1895	515	482
水质净化	10 ⁸ tons	12711	8882	15326	16335	2996	1870
土壤保持	10 ⁸ tons	10490	9240	11902	12534	2730	1972
碳固定	10 ⁸ tons	1513	961	3980	2852	242	228



生态系统服务功能量较基准年的变化比例

Water yield	Water purification
Water retention	Soil retention
Flood mitigation	Carbon sequestration

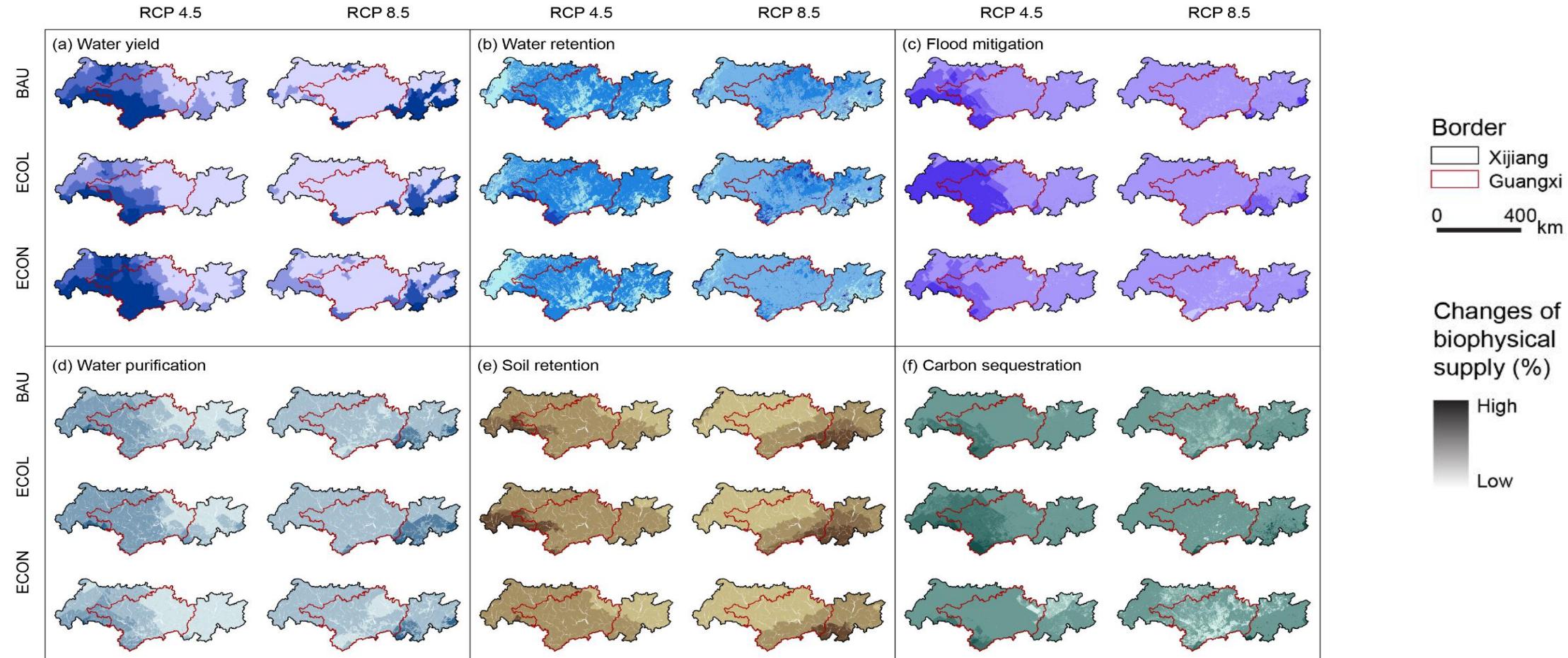


3 不同情景下生态系统服务变化

Changes of ecosystem services under different scenarios

➤ 不同情景下生态系统服务功能量空间分布变化

changes in the distribution of biophysical ecosystem service supplies under different scenarios





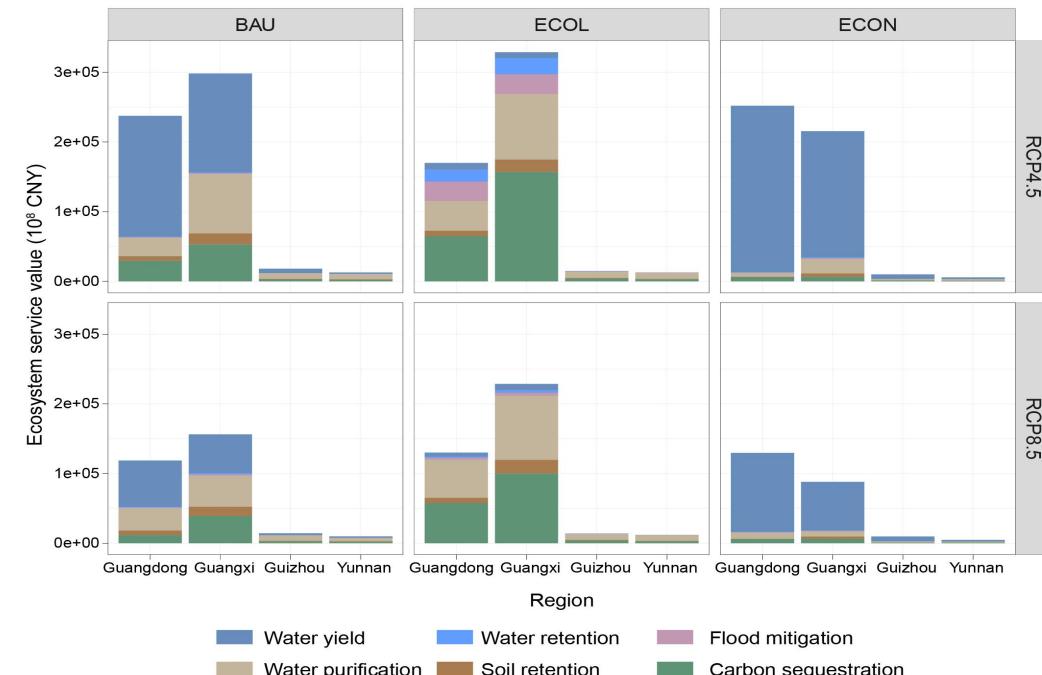
3 不同情景下生态系统服务变化

Changes of ecosystem services under different scenarios

➤ 不同情景下生态系统服务价值量

- ECON-RCP4.5情景下，水量供给服务价值增幅最大
the most increase in the value of water provisioning service under the ECON-RCP4.5 scenario
- ECOL-RCP4.5情景下，各类型调节服务价值的增加比例大于其他情景
the most increase in the value of regulating services under the ECOL-RCP4.5 scenario

		情景 Scenario					
		BAU		ECOL		ECON	
	单位	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
水量供给	10 ⁸ CNY	323788	127926	18937	15599	429628	192909
水源涵养	10 ⁸ CNY	1961	2337	40473	5275	1483	818
洪水调蓄	10 ⁸ CNY	2964	3416	57646	7675	2085	1953
水质净化	10 ⁸ CNY	127106	88822	153258	163354	29960	18697
土壤保持	10 ⁸ CNY	24230	21343	27491	28950	6306	4555
碳固定	10 ⁸ CNY	86830	55149	228374	163652	13891	13086



4 西江流域生态补偿阈值变化

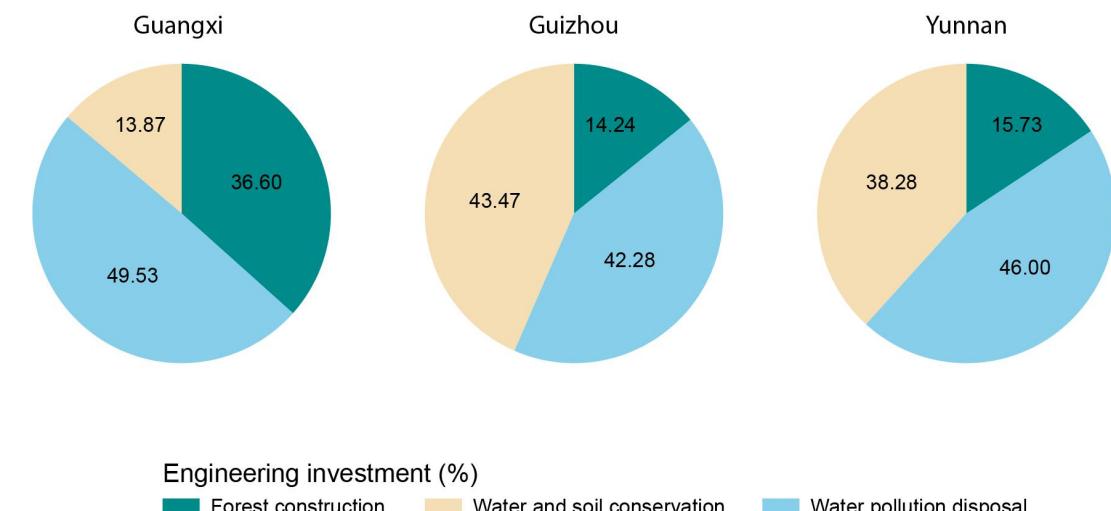
Changes in ecological compensation thresholds

➤ 生态保护成本

- 包括林业建设、水土流失综合治理、水污染防治三个方面
forestry construction, water and soil conservation comprehensive treatment, water pollution prevention and control
- 2015年上游生态保护工程总投入成本中，水污染防治成本的占比最大
the highest cost for water pollution prevention and control in 2015

2015年西江流域不同地区生态保护工程投入（单位：10⁸ CNY）

	地区 Region			总投入 Investment
	广西	贵州	云南	
水污染防治 Water pollution prevention and control	186.42	37.65	30.21	254.28
水土保护综合治理 Water and soil conservation comprehensive treatment	52.21	38.71	25.14	116.06
林业建设 Forest construction	137.77	12.68	10.33	160.78
总投入 Total investment	376.4	89.04	65.68	531.12





4 西江流域生态补偿阈值变化

Changes in ecological compensation thresholds

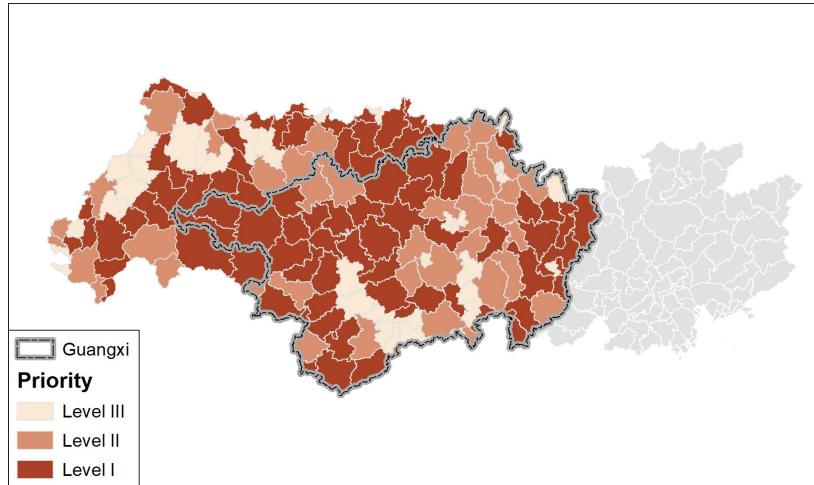
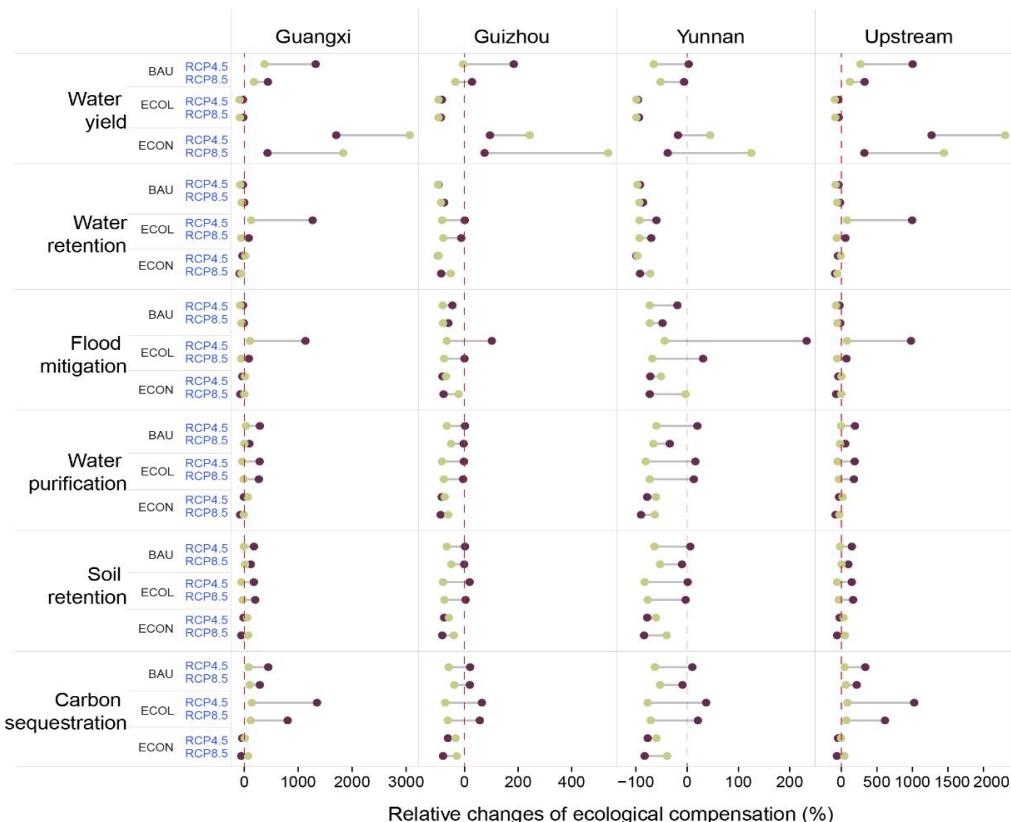
➤ 不同情景下生态补偿阈值

- 2015年上游应获得补偿量485 - 6935亿元，其中以水质净化服务补偿为主
the total ecological compensation to be obtained by the upstream regions was 48.5 – 693.5 billion CNY in 2015, with relatively larger compensation water purification service
- 未来不同情景下，上游应获得的补偿上限因服务类型不同而存在差异
With the coupling effects of climate change and land management strategies, the upper limits of the compensation standards differ with varying ecosystem service types

		情景 (10^8 CNY)											
		BAU				ECOL				ECON			
		RCP4.5		RCP8.5		RCP4.5		RCP8.5		RCP4.5		RCP8.5	
		Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper
上游地区													
广西		441.36	18849.66	421.26	11629.46	403.70	34515.09	390.31	23192.78	506.02	4123.19	414.34	1631.16
贵州		26.75	1142.32	39.99	1103.91	15.05	1286.37	20.25	1203.26	27.06	220.49	37.61	148.07
云南		24.13	1030.41	23.53	649.59	12.90	1102.51	17.07	1014.13	24.72	201.43	28.34	111.58
总计		492.23	21022.40	484.77	13382.97	431.64	36903.97	427.62	25410.16	557.80	4545.12	480.29	1890.81

➤ 不同情景下生态补偿阈值

- ECOL-RCP4.5上游应获得的补偿上限为36904亿元，较基准年增加比例大于其他情景
the upper limit of ecological compensation is 3,690.4 billion CNY under the ECOL-RCP4.5 scenario which has the largest increase proportion compared with the base year



- 上游近一半的区县处于生态补偿的I级，获得补偿的迫切程度高于其他地区

Nearly half of the upstream counties were categorized as having a high level of compensation priority, which had a relatively higher demand for ecological compensation.

04

政策建议

Policy Recommendations



生态补偿政策建议

Preliminary recommendations for policy

➤ 构建流域生态补偿标准核算框架

Establishing a standardized methodology framework

➤ 构建流域生态监测与评估智慧网络

Constructing intelligent monitoring and assessment network

➤ 推进西江流域生态补偿示范区建设

Promoting ecological compensation demonstration zones

➤ 加强合作与数据共享机制建设

Reinforcing the cooperation of different institutes

➤ 探索西江流域多元化生态补偿融资渠道

Exploring diversified ecological compensation financing channels

➤ 拓宽西江流域生态补偿模式

Expansion of watershed ecological compensation models

An aerial photograph of a mountainous landscape. The foreground and middle ground are filled with dense, green forested hills. A single, light-colored winding road cuts through the vegetation, leading from the bottom center towards the upper right. In the lower right area, there are patches of bright green, possibly agricultural fields or pastures. The background shows more layers of mountains under a clear, light blue sky.

谢谢！
Thank you！