

# 生态产品总值核算与应用

## Gross Ecosystem Product (GEP)

欧阳志云 / Zhiyun Ouyang

中国科学院生态环境研究中心

Research Center for Eco-Environmental  
Sciences,

Chinese academy of Sciences



# 报告提纲/Outline

生态产品总值/Gross Ecosystem Product (GEP)

GEP核算框架/GEP accounting framework

深圳GEP核算/GEP pilot accounting in Shenzhen

GEP的应用/GEP applications

结论与问题/Findings and challenges

什么是GEP/What is GEP?

怎样核算GEP/How to Measure GEP

怎样应用GEP/How to Apply GEP



生态产品总值

**Gross Ecosystem Product**

什么是**GEP**

**(What is GEP?)**

## 评估自然/生态系统对人类贡献的需要

Need a metrics to measure nature contribution to people

✧ 经济系统：GDP（国内生产总值）

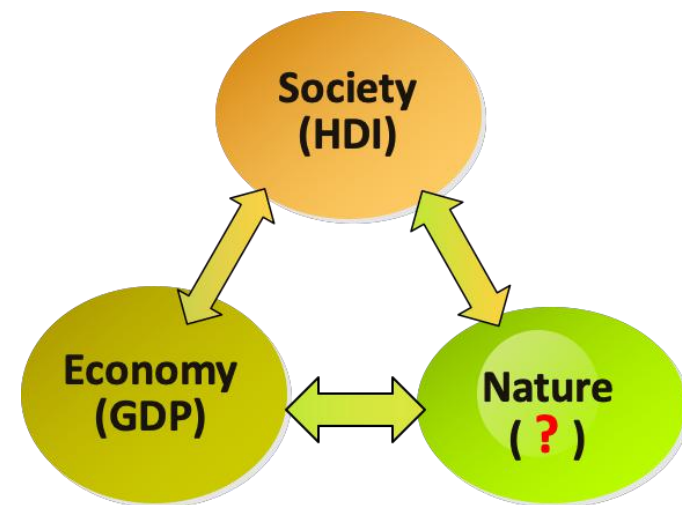
✓ Economy: **GDP (Gross Domestic Product)** is widely used to measure economic system performance.

✧ 社会系统：HDI（社会发展指数）

✓ Society: **HDI (Human Development Index)** is used to measure social development status based on health, education and income.

✧ 自然系统：还没有广泛应用的指标测度自然生态系统对人类的贡献

✓ Nature: currently we do not have a widely used





# 生态系统生产总值/GEP

## 是将生态效益纳入评价体系，促进生态文明建设的需要

In order to advance an ecological civilization in China

- ✧ 习近平总书记提出“绿水青山就是金山银山”：高质量的森林、湿地、草地等自然生态系统为人类提供丰富的生态产品，具有巨大生态经济价值
- ✧ President Xi put forward the vision “**Clear water and green mountains are gold and silver mountains**”, to give prominence nature’s value for people
- ✧ 进一步要求将生态效益纳入经济社会评价体系、生态补偿制度
  - ✓ Integration of **ecological benefits** into criteria for performance evaluation of local governments
  - ✓ Establishment of **eco-compensation policy based on ecosystem services**
  - ✓ Establishment of a **natural capital accounting system**

# 生态系统生产总值/GEP

## 生态系统生产总值(Gross Ecosystem Product, GEP)

- ✦ 也称生态产品总值
- ✦ 是指一定区域在一定时间内生态系统提供的最终产品和服务及其价值总和，一般以一年为核算单元。

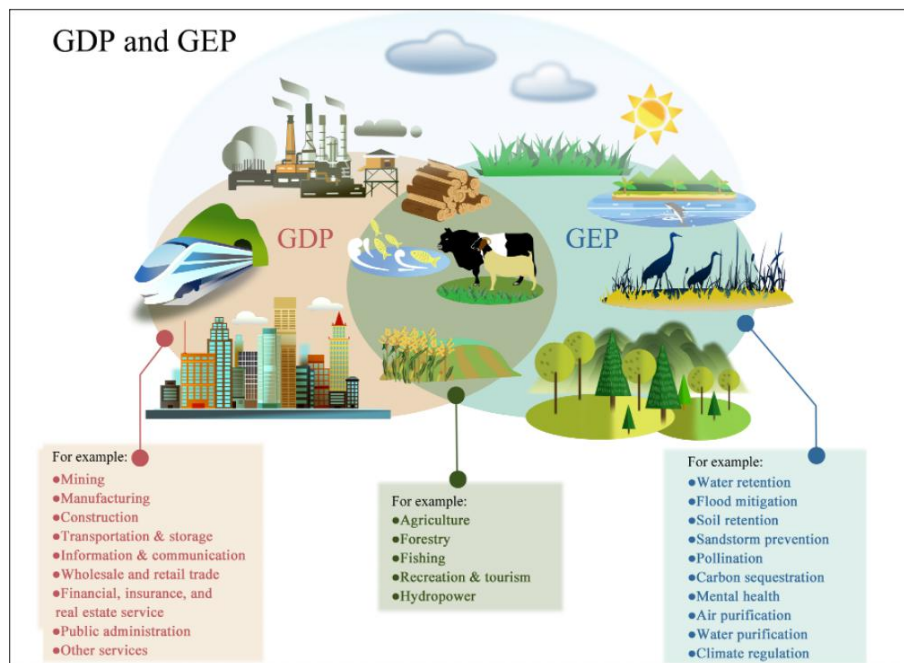
✦ GEP is the aggregated value of final ecosystem goods and services supplied annually to people in

生态资产 (Ecosystem Asset, EA) a country, a province, or a

county. 指生产与提供生态产品与服务的各类生态系统

✦ 自然生态系统：森林、草原、湿地、淡水和海洋、农田、城市绿地、野生动植物资源

✦ EA is a natural asset providing ecosystem services to people, including forest, grassland, wetland, marine, cropland and wildlife.





# **GEP核算框架**

**Accounting framework of**

**GEP**

**(How to Measure GEP?)**

# GEP核算框架/GEP accounting

## framework 核算思路/Criteria of GEP accounting

- ◇ 核算生态系统产品与服务的使用价值/Measure use value of ecosystem services
  - ✓ 直接使用价值：食物生产、水资源、生物能源、水电量等/ Direct use value
  - ✓ 间接使用价值：气候调节、水源涵养、污染物净化等/ Indirect use value
- ◇ 核算生态系统最终产品与服务/Measure value of final eco-services
  - ✓ 生态系统物质产品、调节服务与文化服务/Material services, regulating services, and cultural services
- ◇ 首先，核算生态系统产品与服务的功能量/ First, measure bio-physical value
  - ✓ 生态系统物质产品产量：食物生产量、提供的水资源量、生物能源量、水电量等
  - ✓ 生态系统调节服务功能量：土壤保持量, 污染物净化量, 固碳量
- ◇ 然后，核算生态系统产品与服务功能的价值量/Secondly, measure monetary
  - ✓ 评估特定区域或国家一年期间生态系统提供的产品与服务功能及其经济价值/The economic value of ecosystem services



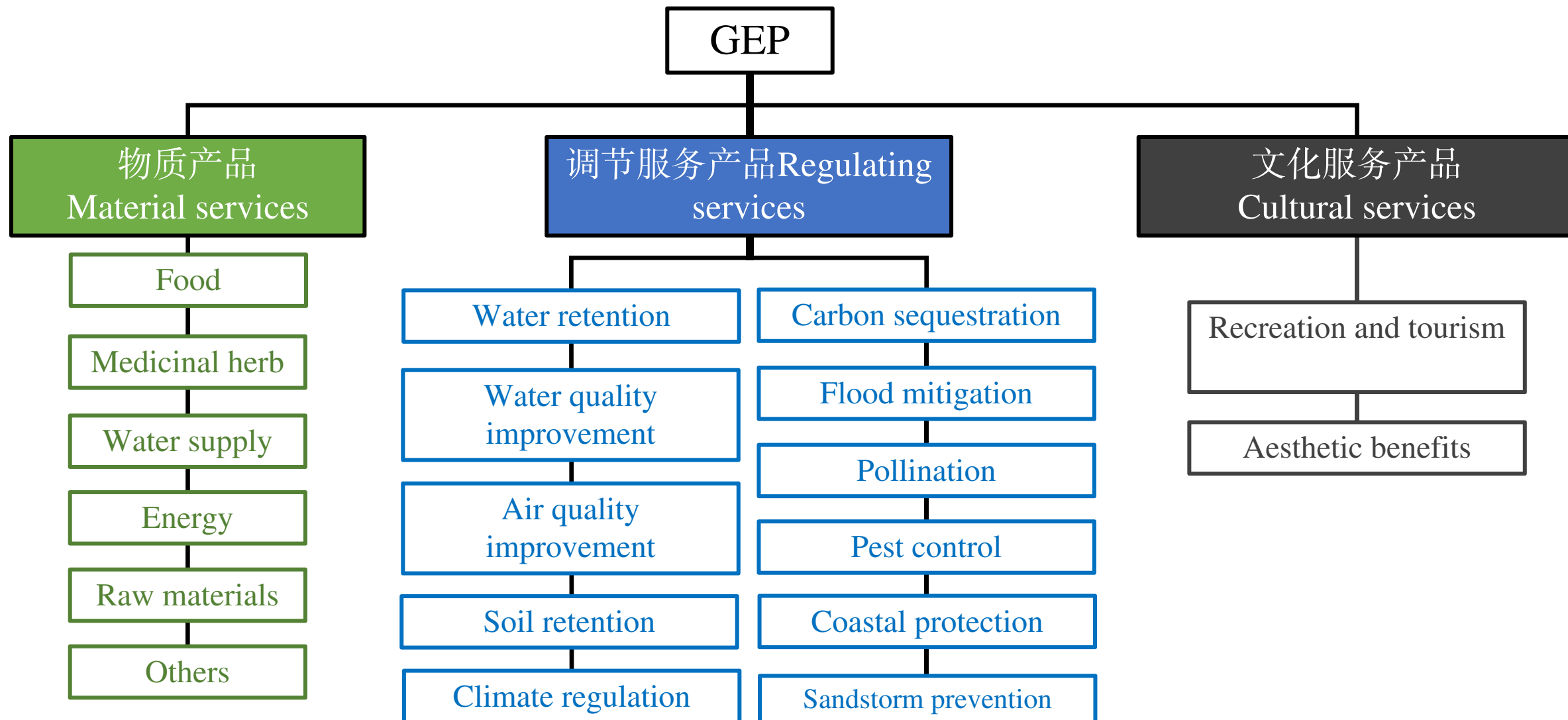
## 生态产品的类型 (举例)

三大类、17个科目

类别	科目	陆地生态系统	海洋生态系统
物质产品 Material services	食物	√	√
	原材料	√	√
	中草药	√	√
	生态能源	√	√
	水源涵养	√	
调节服务产品 Regulating services	水土保持	√	
	防风固沙	√	
	洪水调蓄	√	
	水环境净化	√	√
	空气净化	√	
	固碳	√	√
	氧气生产	√	
	气候调节	√	√
	海岸防护		√
	休闲旅游	√	√
文化服务 Cultural services	自然景观	√	√
	艺术灵感	√	√

# GEP核算框架/GEP accounting framework

## GEP核算指标/Index of GEP accounting



产品名称	生态产品定义
生态产品	在不损害生态系统稳定性和完整性的前提下，生态系统为人类福祉和经济社会发展提供的最终物质资源与服务，主要包括生态物质产品、生态调节服务和生态文化服务。
物质产品	在不损害生态系统调节服务与文化服务的前提下，自然生态系统为人类提供的各种物质资源，包括食物、原材料、中草药、水产品、生态能源等。
调节服务	自然生态系统提供改善人类生存与生活条件和环境的惠益，包括水源涵养、水土保持、防风固沙、海岸带防护等。
文化服务	自然生态系统及其共生的民族文化遗存，所创造的对人类精神感受、知识获取、休闲娱乐和美学体验等方面的惠益。
水源涵养	自然生态系统通过滞蓄降水，补充地下水和调节河川径流，为生产生活持续提供水资源的功能。
水土保持	自然生态系统消减雨水侵蚀力，增加土壤抗蚀性，减少土壤流失的功能。
防风固沙	自然生态系统通过增加土壤抗风能力，降低风力侵蚀和风沙危害的功能。
洪水调蓄	自然生态系统通过拦截滞蓄降水，调节暴雨径流，降低洪峰和洪涝灾害损失的功能。
水环境净化	自然生态系统通过对水环境污染物的吸附和转化，净化水环境的功能。
空气净化	自然生态系统通过吸附和转化，降低大气污染物含量，净化空气环境的功能。
固碳	自然生态系统吸收二氧化碳合成有机质，将碳固定在植物和土壤中的功能。
氧气生产	植物与通过光合作用释放出氧气，维持大气氧气稳定的功能。
气候调节	生态系统通过蒸腾作用、水面蒸发过程，调节温度、湿度，改善人居环境的功能。
海岸防护	海洋生态系统通过减缓风暴潮或海浪的作用，以减轻海岸或堤坝破坏损害的功能。
气候调节	生态系统通过蒸腾作用、水面蒸发过程，调节温度、湿度，改善人居环境的功能。
海岸防护	海洋生态系统通过减缓风暴潮或海浪的作用，以减轻海岸或堤坝破坏损害的功能。

# GEP核算方法/GEP accounting methods

a) 核算生态产品与服务的功能量

✓ Accounting of bio-physical values of ecosystem goods and services

a) 每类生态产品与服务定价

✓ Pricing of ecosystem goods or services

a) 生态产品与服务汇总

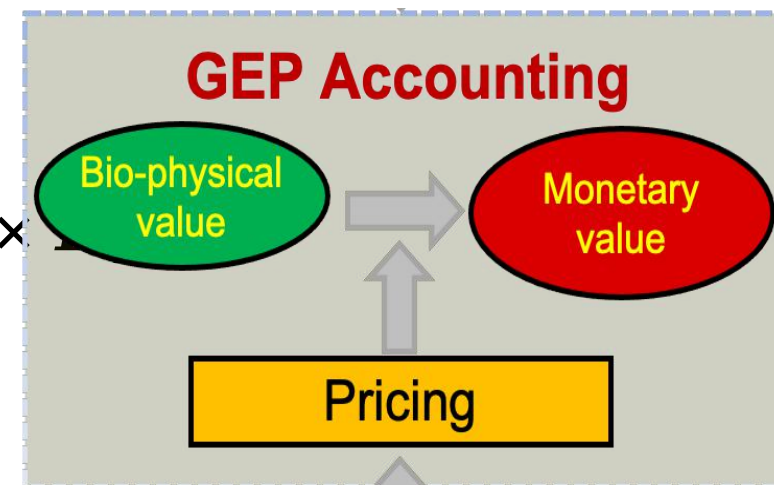
✓ Accounting of economic values of ecosystem goods and services

$$GEP = EMV + ERV + ECV$$

$$GEP = \sum_{i=1}^n EM_i \times P_i + \sum_{j=1}^m ER_j \times P_j + \sum_{k=1}^l EC_k \times P_k$$

GEP: 生态产品总值, EPV: 生态物质产品价值,

ERV: 生态调节服务价值, ECV: 生态文化服务价值





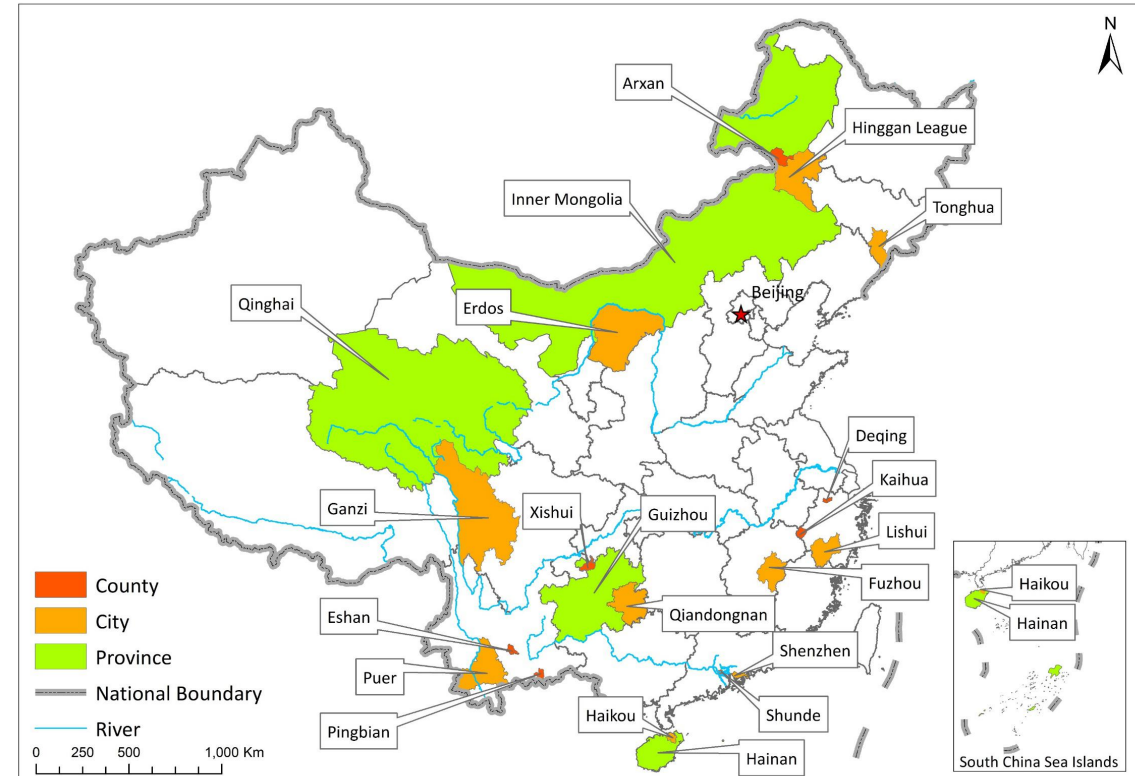
# **GEP核算示范**

## **GEP pilot accounting in China**

# GEP pilot accounting

## GEP核算试点/Pilot GEP accounting in China

- ❖ 中国科学院(CAS)、科技部(MOST)
- ❖ 国家发改委(NDRC)、生态环境部(MEE)
- ❖ 亚洲开发银行(ADB)、IUCN
- ❖ 全国核算/National GEP accounting
- ❖ 地方
  - ✓ Provinces: 贵州、青海、海南、内蒙
  - ✓ Cities: 深圳、丽水、抚州、甘孜、通化、海口、兴安盟、黔东南州
  - ✓ Counties: 顺德、盐田、阿尔山市、习水县、峨山县、屏边县





深圳市GEP核算制度体系



**Technical system**

技术标准

Method standard



**Statistic system**

统计制度

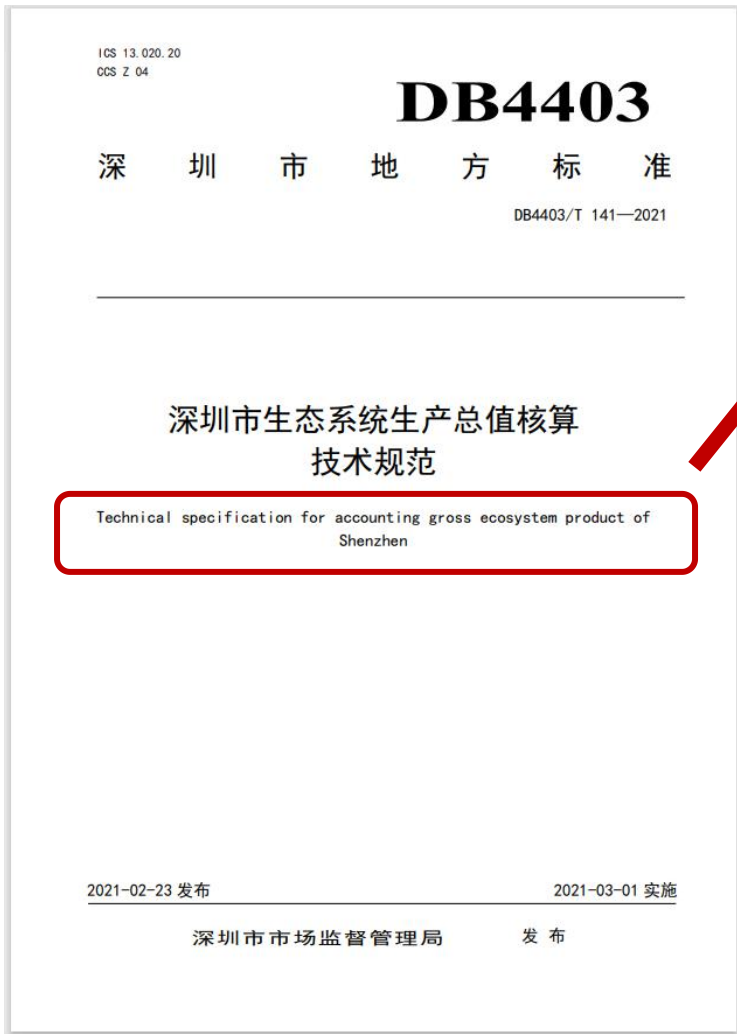
Data resource



**Software system**

计算平台

Accounting tool



## Technical specification for accounting gross ecosystem product of Shenzhen

DB4403/T 141—2021

### 目 次

前言 ..... II

引言 ..... III

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 总则 ..... 2

5 评估指标体系 ..... 3

6 调查与评估使用数据要求 ..... 4

7 评估使用的主要方法 ..... 5

附录 A (规范性) 生态系统生产总值功能核算方法 ..... 7

附录 B (规范性) 生态系统生产总值价值核算方法 ..... 16

附录 C (规范性) 生态系统生产总值核算方法 ..... 17

附录 D (资料性) 生态系统生产总值核算参数补充 ..... 18

参考文献 ..... 35

DB4403/T 141—2021

$\bar{P}_{y12}$ ——日雨量 12mm 以上 (包括 12mm) 的年平均雨量 (mm)。

D.1.2 土壤可蚀性因子

土壤可蚀性因子  $K$  核算按式 (D.6)。

$$K = [2.1 \times 10^{-4}(12 - OM)M^{1.4} + 3.25(S - 2) + 2.5(P - 3)] / 100 \times 0.1317 \quad \dots\dots\dots (D.6)$$

式中:

$K$  ——土壤可蚀性值 ( $t \cdot hm^2 \cdot h \cdot hm^2 \cdot MJ^{-1} \cdot mm^{-1}$ );

$OM$  ——土壤有机质含量百分比 (%);

$M$  ——土壤颗粒级配参数, 即粒径分级制中(粉粒+极细砂)与(100-粘粒)百分比之积;

$S$  ——土壤结构系数, 取值见表 D.1;

$P$  ——渗透等级, 取值见表 D.1。

注: 粘粒为 (<0.002 mm); 粉粒为 (0.002-0.05 mm); 极细砂为 (0.05-0.1 mm); 砂粒为 (0.1-2.0 mm)。

表 D.1 结构系数与渗透等级的定义

结构性指数 S	含义	可渗透性指数 P	含义
1	非常坚固	1	快速
2	很坚固	2	中快速
3	较坚固	3	中速
4	坚固	4	中慢速
		5	慢速
		6	极慢

D.1.3 坡长和坡度因子

坡长因子  $L$  的核算按式 (D.7)、式 (D.8) 和式 (D.9), 坡度因子  $S$  的核算按式 (D.10)。

$$L = \left( \frac{\lambda}{22.13} \right)^m \quad \dots\dots\dots (D.7)$$

$$m = \beta / (1 + \beta) \quad \dots\dots\dots (D.8)$$

$$\beta = \left( \frac{\sin \theta}{0.0896} \right) / [3.0 * \sin \theta^{0.8} + 0.56] \quad \dots\dots\dots (D.9)$$

$$S = \begin{cases} 10.8 \sin(\theta) + 0.03, & \theta < 9\% \\ 16.8 \sin(\theta) - 0.50, & 9\% \leq \theta \leq 18\% \\ 21.91 \sin(\theta) - 0.96, & \theta > 18\% \end{cases} \quad \dots\dots\dots (D.10)$$

式中:

$L$  ——坡长因子;

19



## Features of Shenzhen GEP index

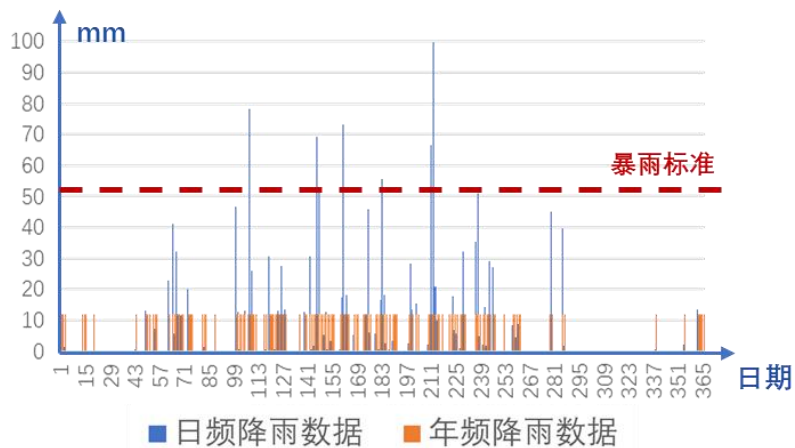
更好的空间分辨率

Data under different spatial resolution

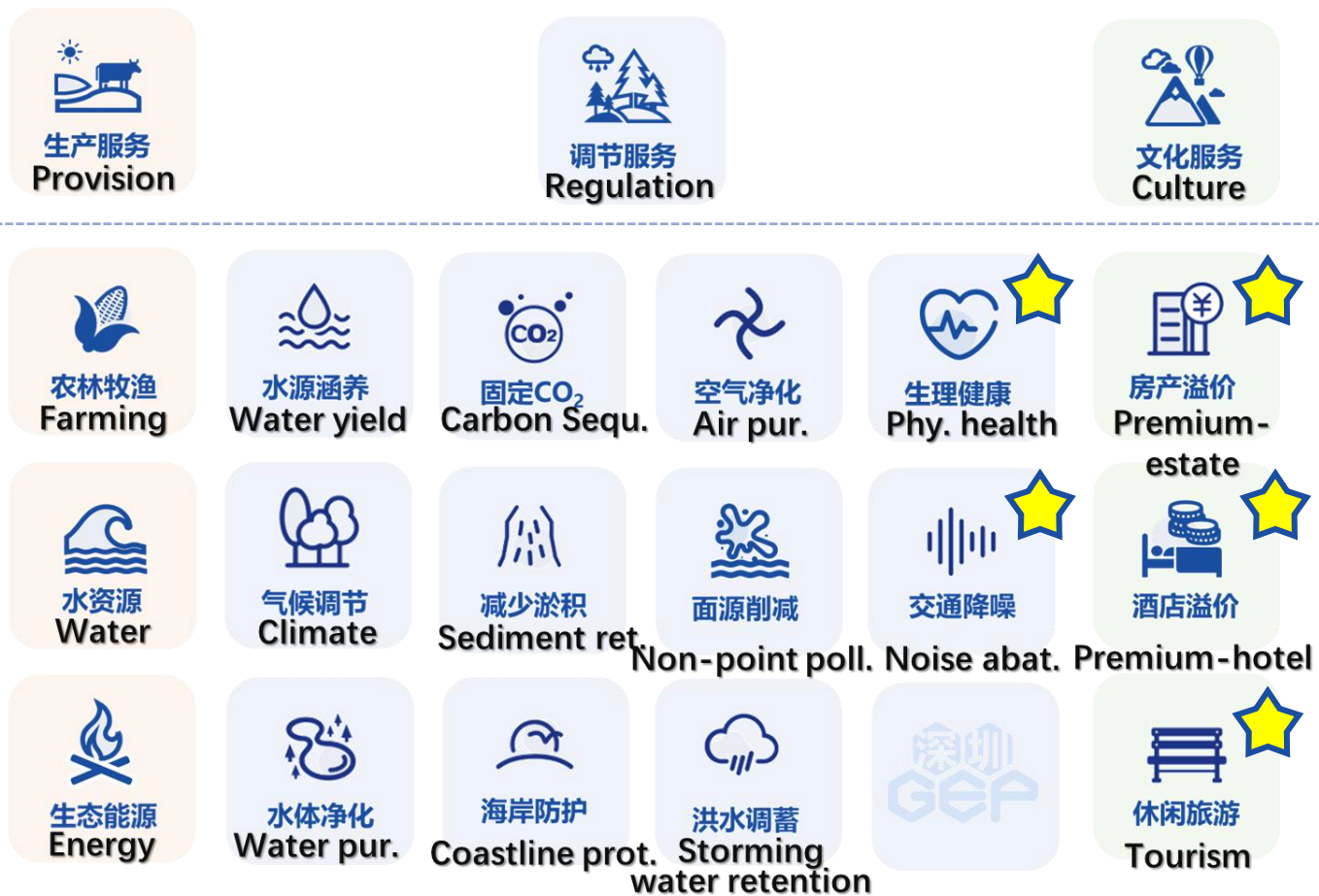


更高的时间分辨率

Data under daily temporal resolution



Higher spatio-temporal resolution



Meet human habitat need

## Set up statistical mechanism for GEP accounting of Shenzhen

### 深圳市生态系统服务价值 (GEP) 核算 统计报表制度

(2020年度)

(征求意见稿)

### Shenzhen GEP accounting statistical mechanism

深圳市生态环境局制定  
2020年7月

本统计调查制度根据《中华人民共和国统计法》的有关规定制定

200+ variables  
from 10+ agencies

表 C-6 景区接待和收入  
20 年

表 C-5 当年房屋交易情况  
20 年

表号: C-5  
制定机关:  
批准文号:  
有效期至:

指标名称	代码	计量单位 1	数量		数量
			甲	乙	
全市			(1)	(2)	
住宅新房交易总价	1	平方米			万元
写字楼新房交易总价	2	平方米			万元
住宅二手房交易总价	3	平方米			万元
写字楼二手房交易总价	4	平方米			万元
福田区					
住宅新房交易总价	5	平方米			万元
写字楼新房交易总价	6	平方米			万元
住宅二手房交易总价	7	平方米			万元

表 C-1 水库工程造价及污染物治理成本  
20 年

表号: C-1  
制定机关:  
批准文号:  
有效期至:

指标名称	代码	计量单位	2019 年值
甲	乙	丙	(1)
水库建设单位库容工程造价	1	元/立方米	
大气污染物适用税额	2	元/每污染当量	
二氧化硫	3	元/吨	
氮氧化物	4	元/吨	
工业粉尘	5	元/吨	
水污染物适用税额	6	元/每污染当量	
化学需氧量 (COD)	7	元/吨	
氨氮	8	元/吨	
总磷	9	元/吨	
海绵工程造价	10	元/吨蓄水	

单位负责人: 统计负责人: 填表人: 报出日期: 20 年 月 日

说明:  
1. 本表数据乙1、乙10用于水源涵养、洪水调蓄价值计算,乙2-乙9用于空气净化、水质净化服务价值计算;  
2. 本表数据乙1可通过全面调查的方法取得,也可通过抽样调查推算,数据时间年限为近5年(含本年)或最新;  
3. 本表数据乙2、乙6建议参考《广东省大气污染物和水污染物环境保护税适用税额》取数;  
4. 逻辑关系:乙3-乙5、乙7-乙9数据依据《应税污染物和当量值表》换算。

35 table data lists  
(type in)

表 D-3 栅格式数据表 (tif格式)  
20 年

表号: D-3  
制定机关:  
批准文号:  
有效期至:

表 D-10 点矢量类数据表  
20 年

表号: D-10  
制定机关:  
批准文号:  
有效期至:

表 D-4 海洋海岸矢量类数据表  
20 年

表号: D-4  
制定机关:  
批准文号:  
有效期至:

数据名称	代码	字段名	字段编号	单位	字段值格式
甲	乙	丙	丁	戊	己
2019 年海岸线及类型线矢量	1	海岸线编号	1	无量纲	整型
		岸线分类	2	无量纲	整型
		岸线分级	3	无量纲	整型
2019 年海岸带生态空间类型面矢量	2	生态空间编号	4	无量纲	整型
		生态空间类型	5	无量纲	整型
		生态空间分级	6	无量纲	整型
2019 年海岸带生态空间沿岸分布长度	3	生态空间沿岸分布长度	7	米	整型
		监测点编号	8	无量纲	整型
2019 年海平面较常年变化点矢量	4	海平面较常年变化	9	毫米	整型
2019 年全市陆地海界面矢量	4	陆域行政范围图斑编号	10	无量纲	整型
		海域行政范围图斑编号	11	无量纲	整型

单位负责人: 统计负责人: 填表人: 报出日期: 20 年 月 日

说明:  
1. 本表用于海岸带防护服务价值计算;  
2. 填表要求: 需采用 CGCS2000 投影坐标系, 除 FID 和上表属性外无其他属性;  
3. 逻辑关系:  
① 丁1、丁4、丁8、丁10、丁11分别为不重复唯一值;  
② 丁2须为以下数值之一: 1= 悬崖 (cliff); 2= 河口 (estuary); 3= 砾石滩 (gravel beach); 4= 人工岸线 (manmade); 5= 泥滩 (mudflat); 6= 岩石缓坡 (rock ramp); 7= 沙滩 (sand beach)  
③ 丁5须为以下数值之一: 1= 珊瑚礁 (coral); 2= 红树林 (mangrove); 3= 盐沼 (saltmarsh); 4= 海草床 (seagrass)

13 GIS data lists  
(upload)



部门填报

Data Collecting



云端计算

Cloud Computing



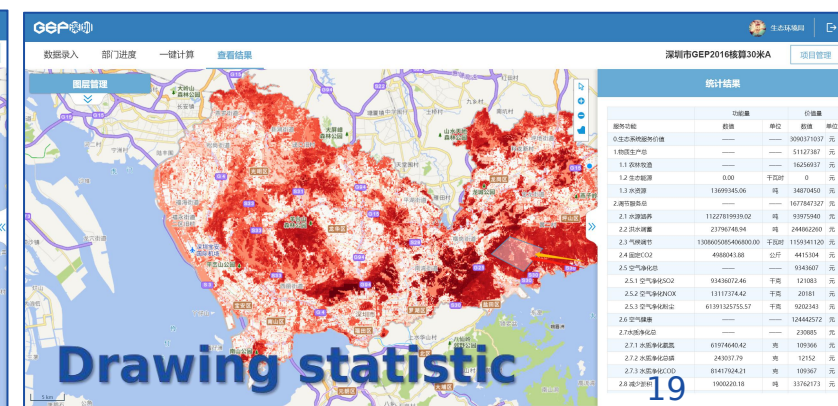
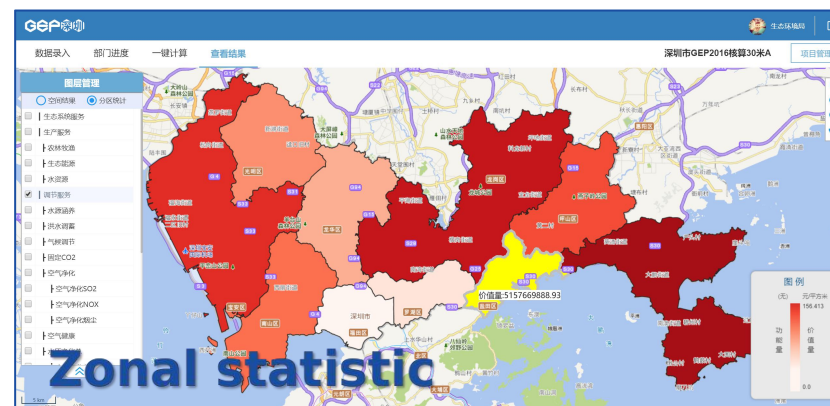
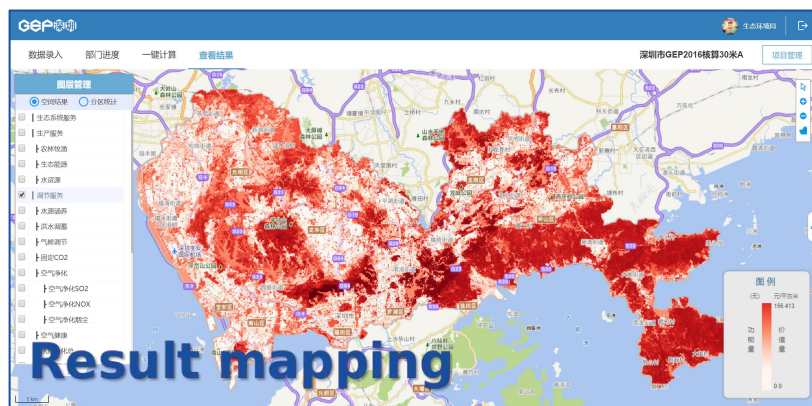
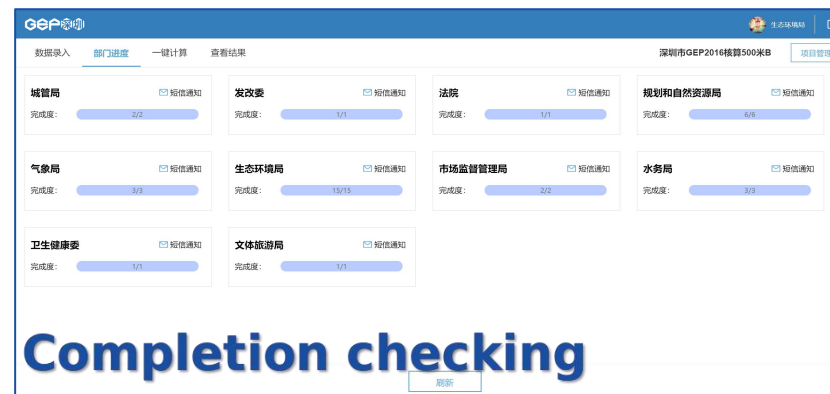
结果展示

Result Mapping



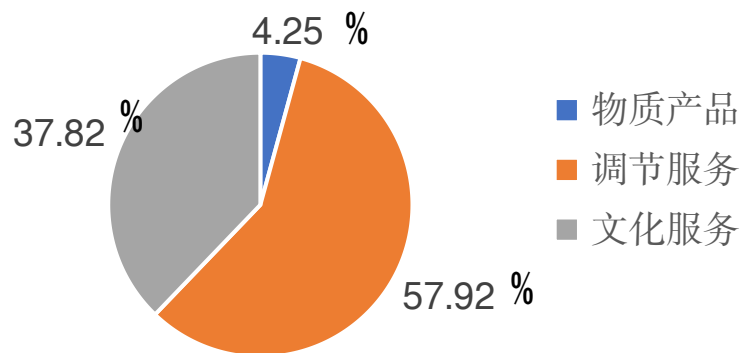
自动报告

Report generating



## 深圳GEP

总计/total: 1634.37 x10<sup>8</sup>RMB



生态系统生产总值构成

一级指标	二级指标	进一步细分	2016年价值量 (亿元, 占比)		
物质产品 Material services	农林牧渔产品	农林牧渔产品	18.74	1.15%	
	生态能源	生物质能源			
	水资源	—	50.73	3.10%	
调节服务产品 Regulating services	洪水调蓄	城区植被暴雨径流调节*	182.98	11.19%	
		郊野植被暴雨径流调节	27.62	1.69%	
		水库洪水调蓄	10.13	0.62%	
	水源涵养	—	61.77	3.78%	
	交通噪声消减	—	0.51	0.03%	
	海岸带防护	—	1.05	0.06%	
	气候调节 (温度)	植被蒸腾	370.27	22.66%	
		水面蒸发	226.8	13.88%	
	固定二氧化碳	—	2.12	0.13%	
	空气净化	降低合规成本	净化二氧化硫	0.06	0.004%
			净化氮氧化物	0.01	0.0006%
			净化工业粉尘	4.56	0.28%
		改善人群健康	0.75	0.05%	
			0.33	0.02%	
			42.11	2.58%	
水质净化	降低合规成本	净化COD量	0.09	0.006%	
		净化总氮量	0.09	0.006%	
		净化总磷量	0.01	0.0006%	
土壤保持		减少泥沙淤积量	13.06	0.80%	
	面源污染控制	减少面源氮量	1.81	0.11%	
		减少面源磷量	0.89	0.05%	
文化服务 Cultural services	休闲旅游服务	风景旅游服务	450.85	27.59%	
	房地产景观溢价	房产产权销售溢价	160.2	9.80%	
		酒店销售溢价	6.83	0.42%	



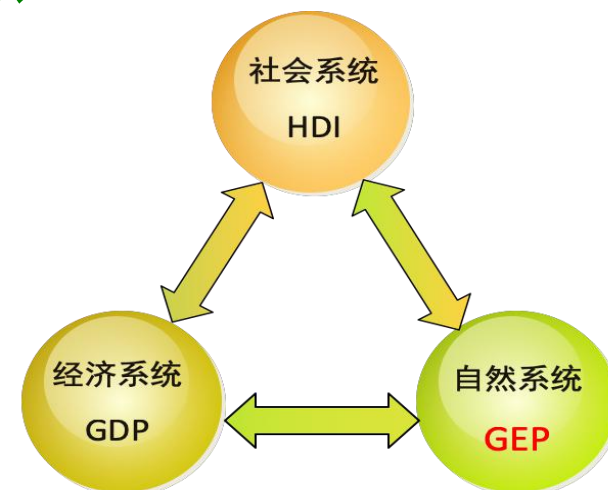
**GEP的应用**

**Applications of GEP  
accounting**

## GEP核算可以应用于如下方面

- ✧ 揭示生态产品的经济价值
  - ✓ Monetary of ecosystem products
- ✧ 评估生态保护成效
  - ✓ Evaluation of effectiveness of protection performance
- ✧ 评估生态系统对人类福祉的贡献与经济社会发展支撑作用
  - ✓ Evaluation of natural contribution to people
- ✧ 分析区域之间的生态关联
  - ✓ Analysis of ecological linkages among regions

落实《生态文明体制改革总体方案》  
要求：把资源消耗、环境损害、**生态效益纳入经济社会发展评价体系**。根据不同区域**主体功能定位**，实行**差异化绩效评价考核**。



# Applications of GEP accounting

## GEP应用/Applications of GEP

- ✦ 评估各级政府保护成效：国家发改委、生态环境部、内蒙、青海、蚂蚁森林等
  - ✦ Evaluation of government policy and performance in conservation. [NDRC, MEE, Inner-Mongolia, Guizhou, Qinghai, Zhejiang, Shenzhen, Shunde, Tonghua](#)
- ✦ 为生态补偿提供参考与依据：丽水、普洱、浙江省
  - ✦ Provide the basis for determining financial compensation for the provision of ecosystem services. [Lishui, Pu'er, Zhejiang](#)
- ✦ 评估生态文明建设（人与自然和谐共处）：深圳
  - ✦ To evaluate sustainable development (harmony of people and nature), [Shenzhen, Zhuhai](#)
- ✦ 建立生态产品实现机制：丽水、抚州
  - ✦ Bringing the value of ecosystem services and trends into public and private sector decision making and investment planning. [Lishui, Fuzhou](#)
- ✦ 评估自然/生态系统对人类的贡献：青海、甘孜、内蒙等
  - ✦ Measure the natural contribution to people, other parts of China. [Qinghai, Ganzi](#)



# 结论与问题

## Findings and challenges



# 结论与问题/Findings and challenges

- ✧ **GEP** 将生态系统服务转化为货币价值提供一个直观方式反映自然 对人类的贡献
  - ✓ GEP converts ecosystem services into a common monetary metric that is easy to interpret, provides visibility, and gives prominence to the values of nature and their contributions to human well-being.
- ✧ **GEP核算可以用于生态保护成效与土地利用规划**
  - ✓ GEP can be applied for evaluation of government policy and performance, and land use and infrastructure planning.
- ✧ **GEP可以为生态补偿提供依据**
  - ✓ GEP can provide the basis for determining financial compensation for the provision of ecosystem services.
- ✧ **试验性核算表明现有土地、环境、林业、气象等部门的监测数据，基本上可以支撑中国，乃至全球的**GEP**核算。**
  - ✓ Pilot GEP accounting demonstrate that it is feasible to produce an estimate of GEP with available data and methods: That is, that there is a tractable approach to producing estimates of GEP across China, and indeed for all countries in the world.



# 结论与问题/Findings and challenges

## 问题/Challenges

数据制约：现有的监测体系不是根据**GEP**核算的要求设计的，核算数据不足

- ✓ **Data limitations.** Current environmental monitoring systems are not designed for ecosystem service evaluation and accounting

方法与模型不完善

- ✓ **Methods and models** for ecosystem services. Many models to quantify ecosystem services are in the early stages of development.

许多调节服务产品没有市场交易价格

- ✓ **Pricing of ecosystem services.** Particularly, the ecosystem services do not exist market prices.

许多物质产品价值难以区分自然生态系统的贡献与人投入贡献

- ✓ **Accounting value.** Lack of data that allows attribution of value added between nature and human contributed inputs.

# Thanks

**Chinese Academy of Sciences**

**National development and Reform Commission, China**

**Ministry of Ecology and Environment, China**

**Ministry of Science and Technology, China**

**Standardization Administration of China**

**China National Bureau of Statistics**

**Natural Capital Project (STU, UMN, RCEES-CAS, SRC, TNC,  
WWF)**

**SEEA-EA, UNSD**

**Asian Development Bank**

**IUCN-China**