



生态环境部华南环境科学研究所
South China Institute of Environmental Sciences, MEE



粤港澳大湾区碳中和时空演变 与应对策略思考

罗赵慧 博士/高工

生态环境部华南环境科学研究所

2024年3月29日



生态环境部华南环境科学研究所
South China Institute of Environmental Sciences, MEE

SCIES



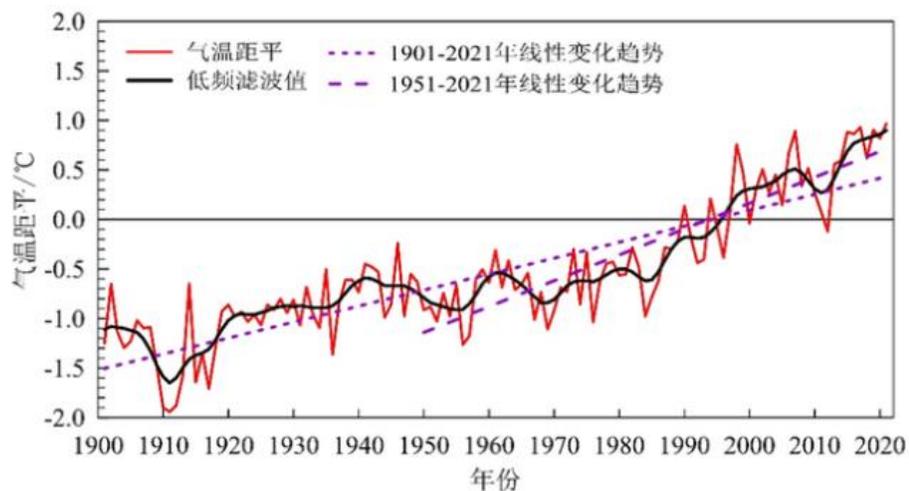
目录

CONTENT

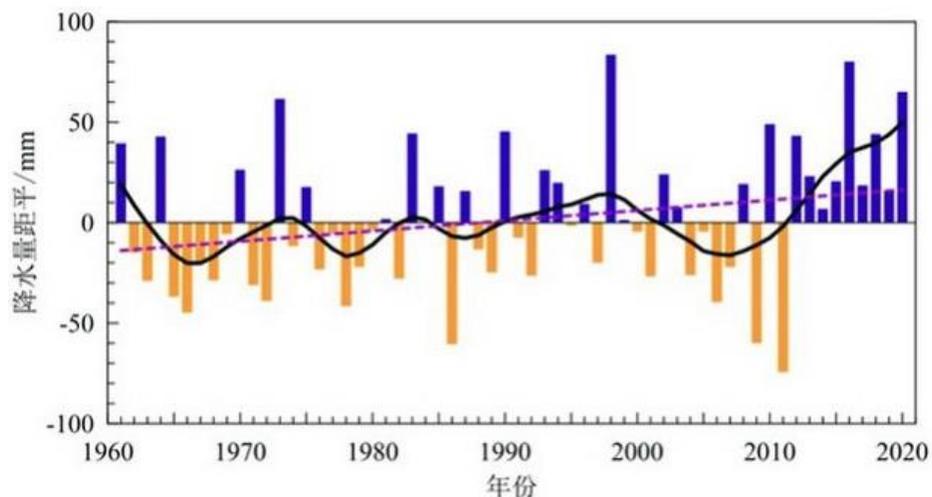
- 01 研究背景
- 02 研究方法
- 03 碳中和演变趋势
- 04 挑战与应对策略

1 研究背景

- IPCC第六次评估报告综合报告，2011-2020年全球地表温度比1850-1900年升高了 1.1°C 。
- 《中国气候变化蓝皮书（2022）》，1951~2021年，中国地表**年平均气温呈显著上升趋势**，升温速率为 $0.26^{\circ}\text{C}/10\text{年}$ ；**平均年降水量呈增加趋势**，降水变化**区域间差异明显**。1961~2021年，平均降雨量平均每10年增加5.5毫米；1961~2021年，中国陆地表面平均接收到的**年总辐射量趋于减少**。



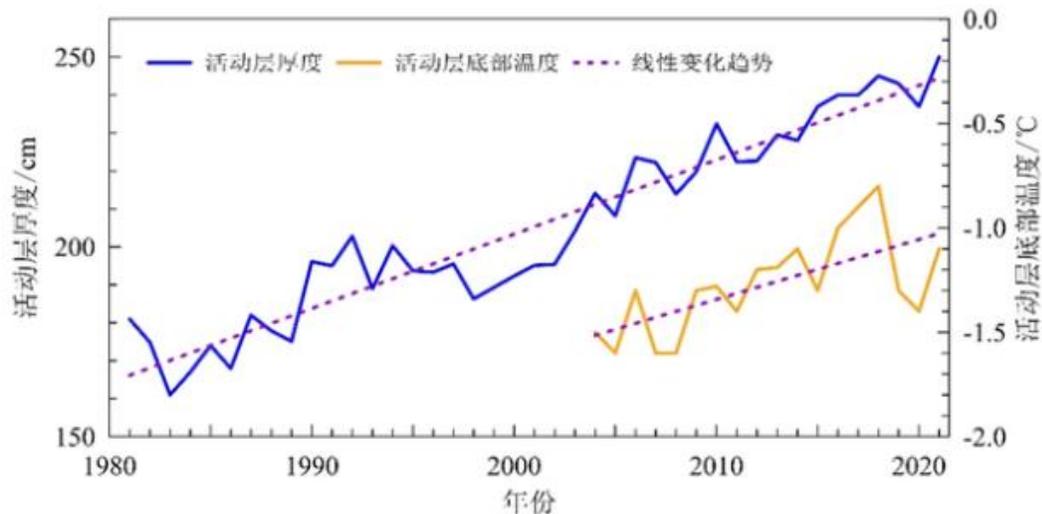
中国地表平均气温距平



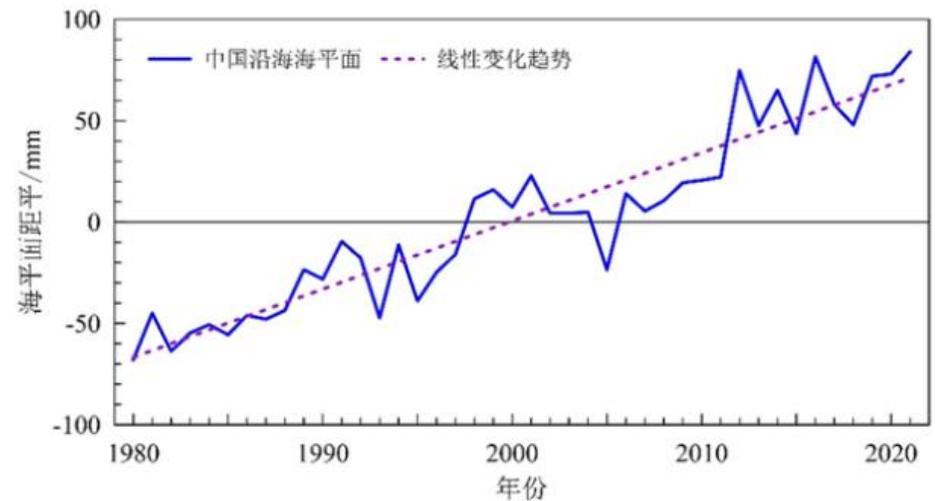
中国平均年降雨量距平

1 研究背景

- 中国高温、强降水等**极端天气气候事件增多、趋强**，登陆中国台风的平均强度波动增强。
- 中国**沿海海平面变化总体呈波动上升趋势**。1980~2021年，中国沿海海平面上升速率为3.4毫米/年，高于同期全球平均水平。
- **冰川消融加速，多年冻土区活动层厚度呈显著增加**。



青藏公路多年冻土区活动层厚度和活动层底部温度变化



中国沿海海平面距平（相对于1993-2011年平均值）

1 研究背景

- ▶ 人类活动**毋庸置疑**导致了全球变暖，主要通过排放温室气体的方式。
- ▶ 全球已识别出的9个气候变化临界点，一旦达到气候临界点，生态环境变化将不可逆。



亚马逊热带雨林干旱

永久冻土层解冻

南极西部冰盖加速消融

北极海冰面减少

格陵兰冰盖加速消融

南极洲东部加速消融

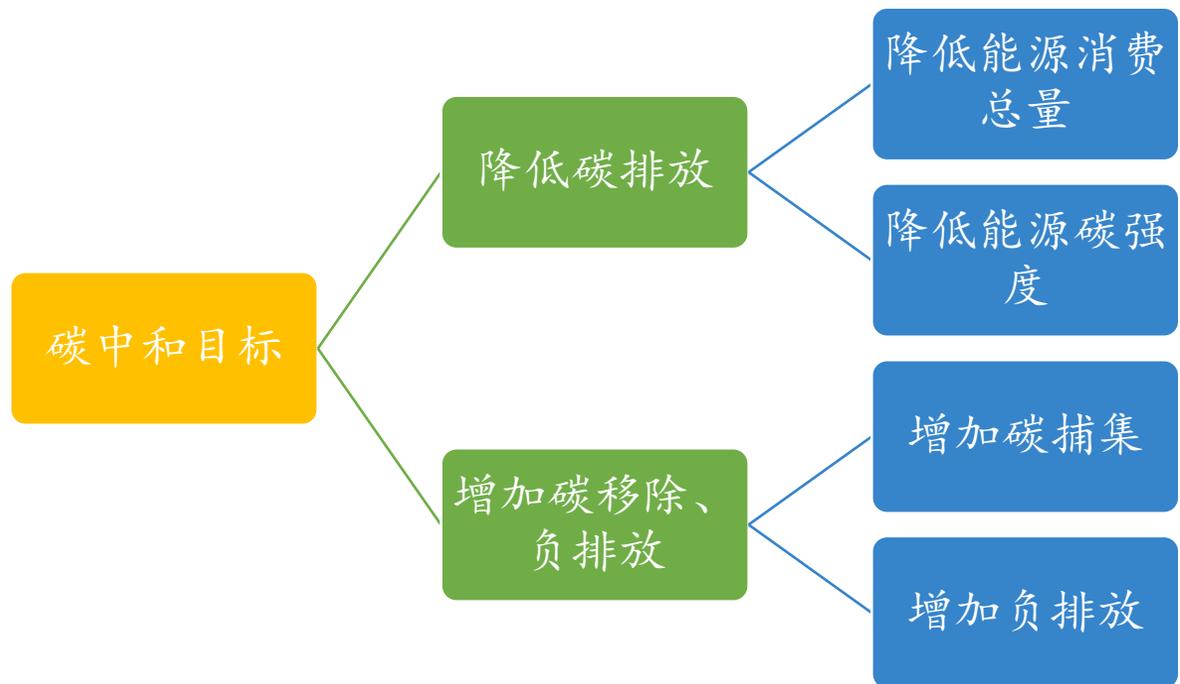
大西洋环流放缓

全球珊瑚礁大规模死亡

北美北方森林火灾和虫害

1 研究背景

- 为了应对全球气候变暖问题，联合国多次召开气候大会，明确了将升温控制在 2°C 并努力控制在 1.5°C 的目标。
- 我国提出2060年前实现碳中和。
- EDGAR、FFDAS、CHRED、MEIC、CEADs、ODIAC.....



应对气候变化国际谈判

自上世纪80年代末90年代初起，全世界各国就应对全球气候变化问题开始一系列漫长的国际谈判。
讨论的焦点：

谁来减？
如何减？
减多少？
减排原则是什么？



1 研究背景

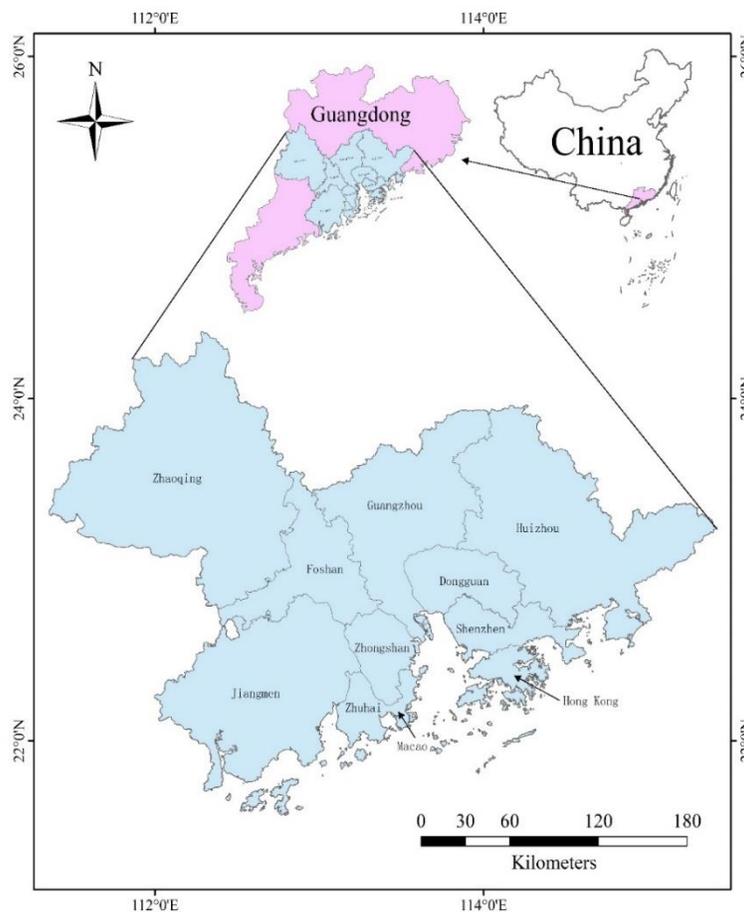
如何精细化反演碳排放空间分布

植被碳固定对碳排放的抵消程度

碳中和愿景面临的挑战与应对策略

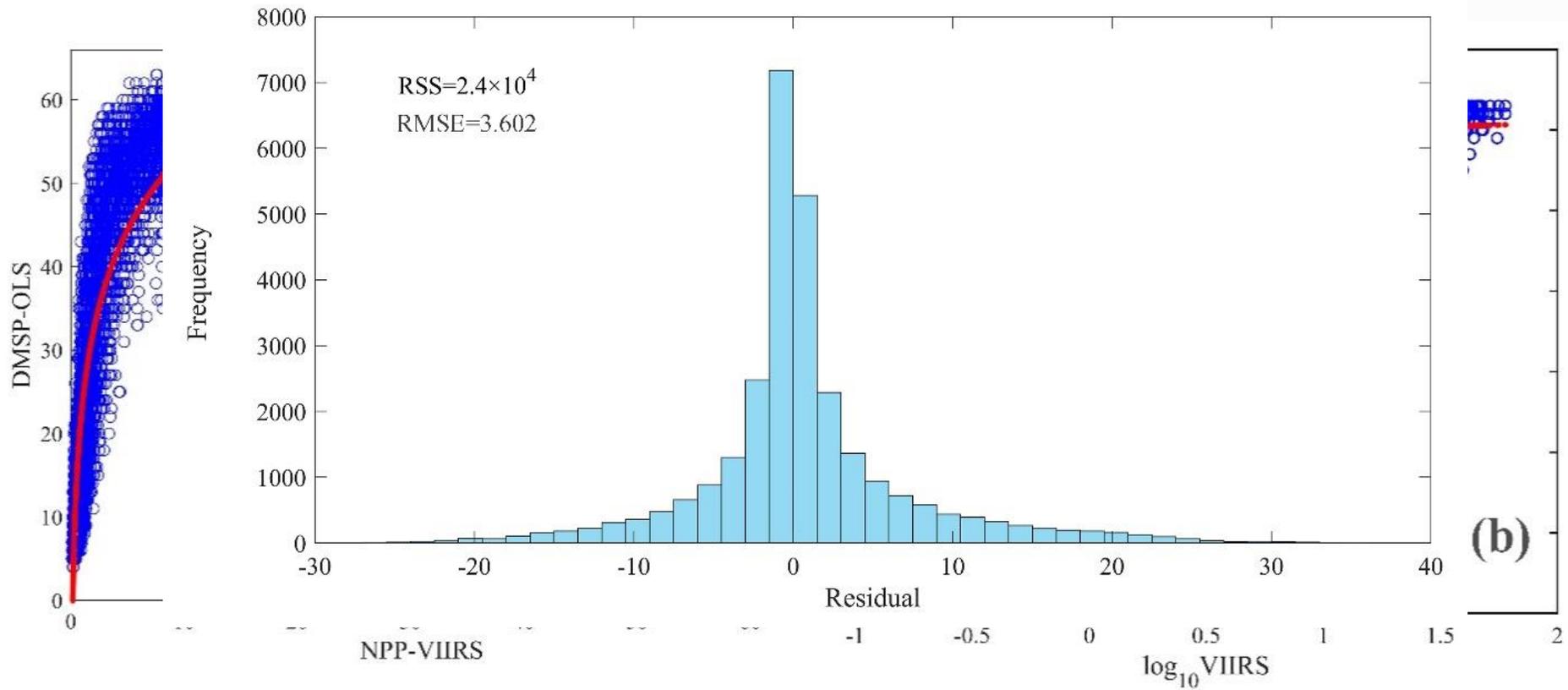
2 研究方法

- 能源消费量和城市面积数据（市级）、夜间灯光数据（DMSP/OLS和NPP-VIIRS）、人口密度数据、MODIS NPP和EVI数据。



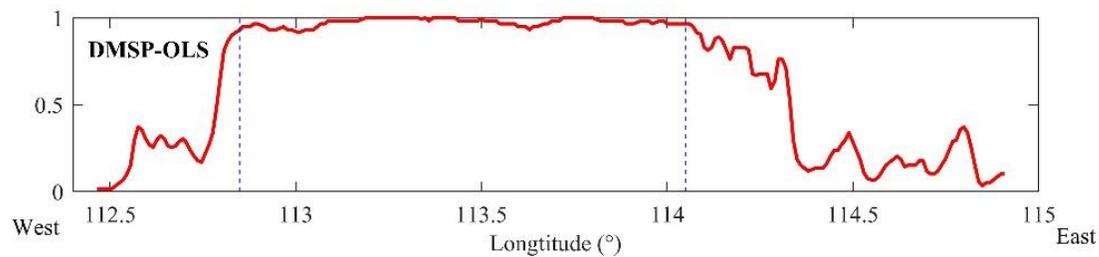
2 研究方法

夜间灯光数据校正

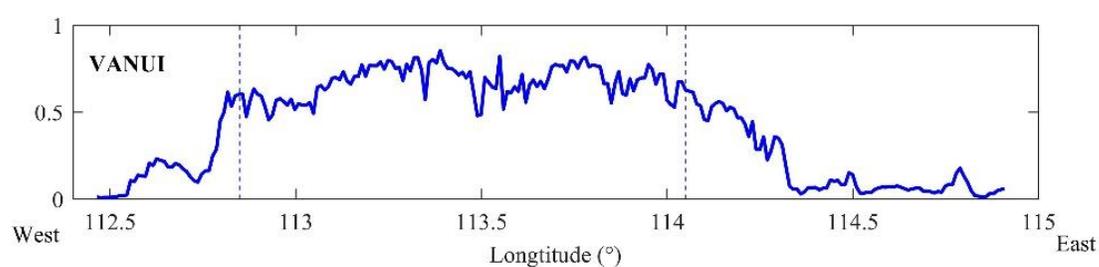


2 研究方法

“过饱和”和“光散射”

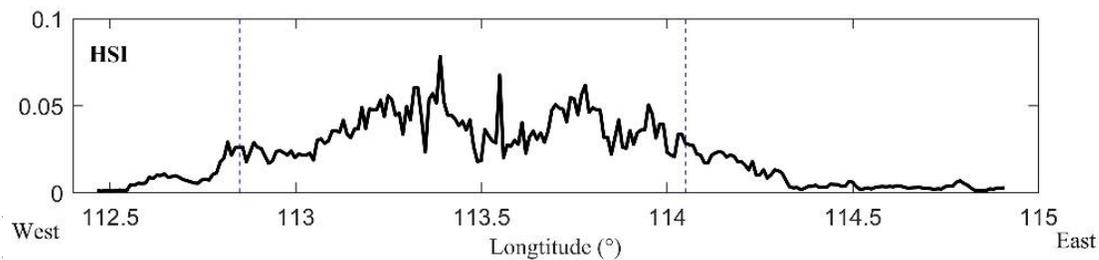


VANU



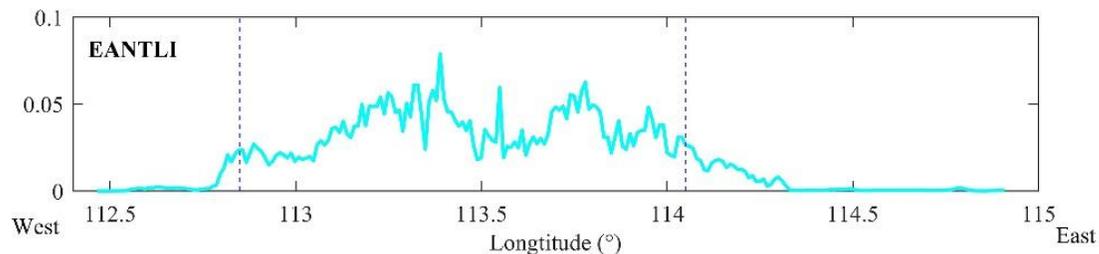
(1)

HSI =



(2)

EANT



01

(3)

01

2 研究方法

CO₂排放估算:

- 由于灯光数据只获取有灯光值的区域，因此利用灯光数据进行CO₂排放量估计只能计算出亮值区域，而暗值区域也有可能存在CO₂排放。

$$CO_2^{LU} = EPC_{urban} \times TP_{Lu} \quad (4)$$

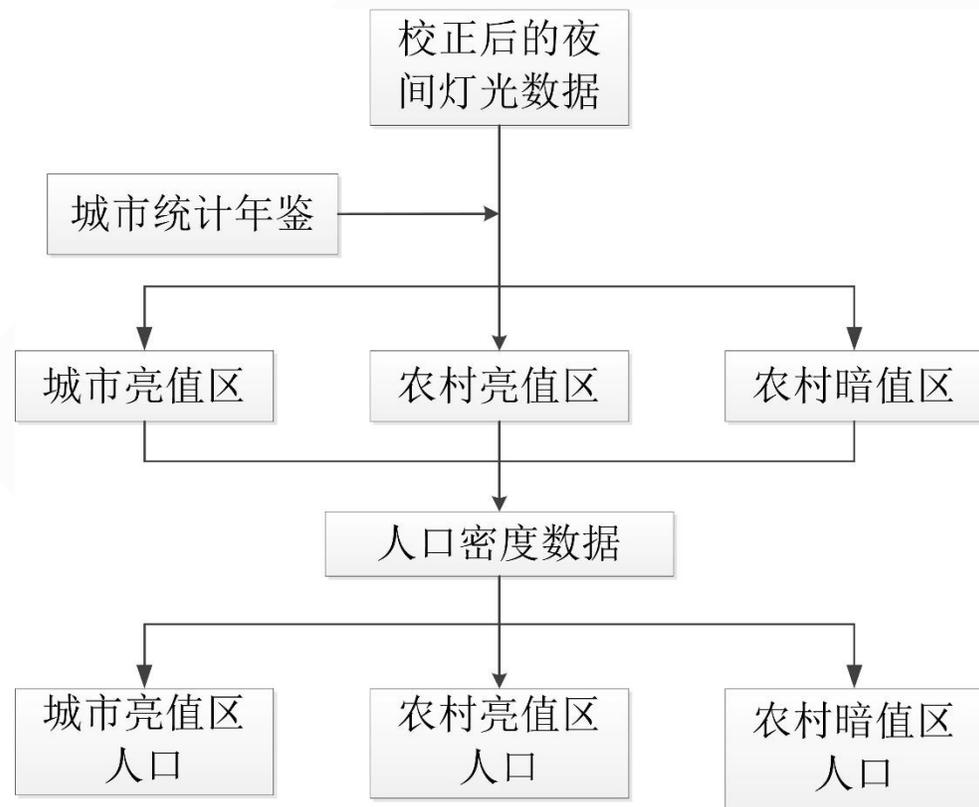
$$CO_2^{LR} = EPC_{urban} \times x_i \times TP_{Lr} \quad (5)$$

$$CO_2^{ULR} = EPC_{urban} \times x_i \times TP_{Unlr} \quad (6)$$

- 由于研究区CO₂排放总量为城市亮值区，亮值农村区和亮度值为0的区域CO₂排放量的总和。

$$TCO_2 = CO_2^{LU} + CO_2^{LR} + CO_2^{ULR} \quad (7)$$

$$EPC_{urban} = \frac{TCO_2}{TP_{Lu} + x_i \times TP_{Lr} + x_i \times TP_{Unlr}} \quad (8)$$



2 研究方法

夜间灯光数据亮值区CO₂排放量和非亮值区CO₂排放量可按以下方式计算：

$$CO_2^{Li} = \frac{CO_2^{LU} + CO_2^{LR}}{Total_{lig}} \times Lig_i \quad (9)$$

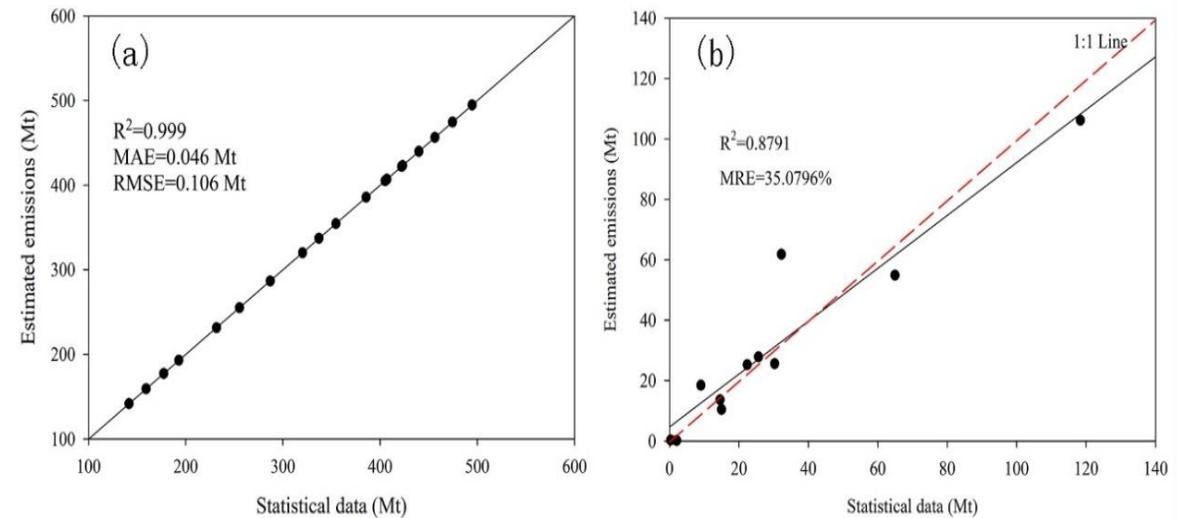
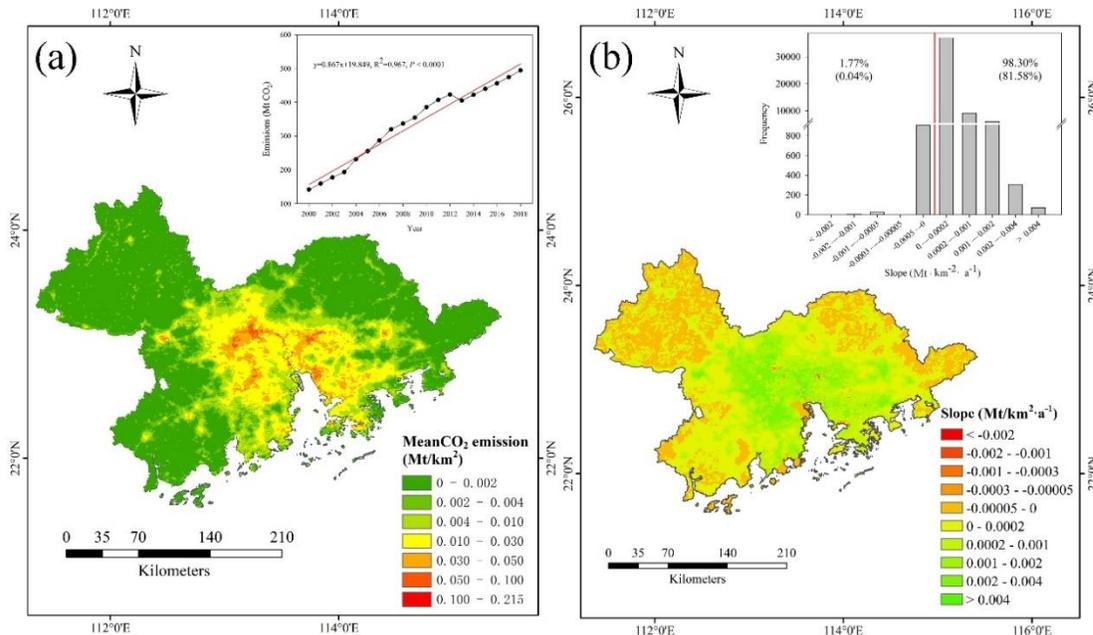
$$CO_2^{ULj} = \frac{CO_2^{ULR}}{Total_{pop}} \times pop_j \quad (10)$$

式中， CO_2^{Li} 和 CO_2^{ULj} 分别表示亮值区*i*像元的CO₂排放量和非亮值区*j*像元的CO₂排放量； $Total_{lig}$ 和 $Total_{pop}$ 分别表示研究区夜间灯光数据和人口密度数据总和； Lig_i 和 pop_j 分别表示*i*像元和*j*像元灯光数据值与人口密度值。

3 研究结果

(1) CO₂排放空间分布

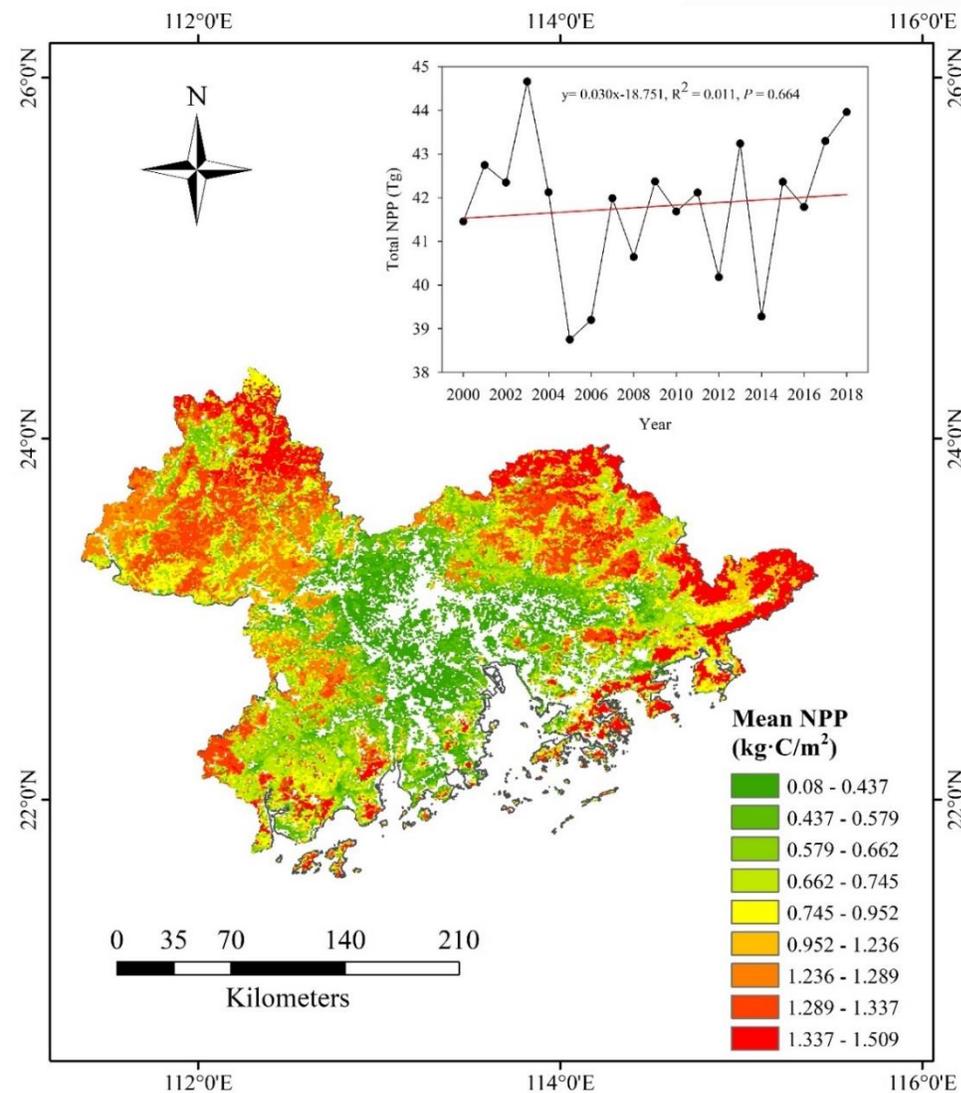
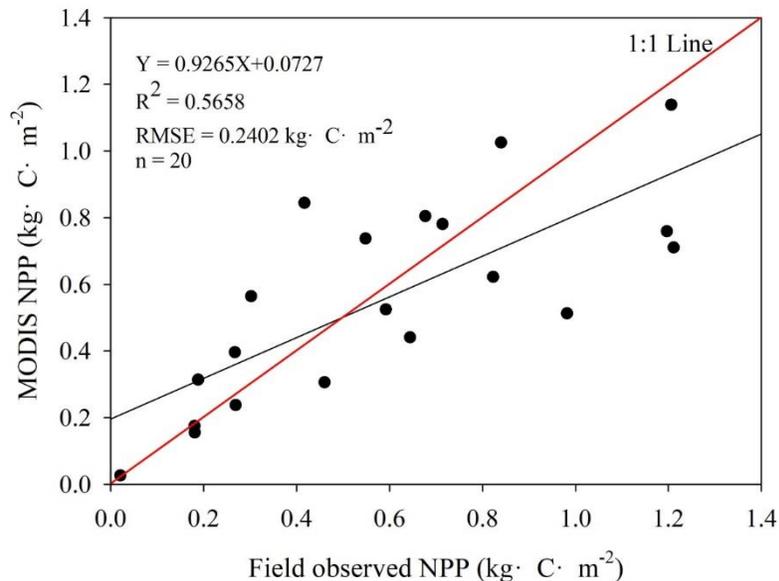
- CO₂排放量年均值在空间上呈不均匀分布，由中心向四周逐渐递减。CO₂排放量最高值主要集中在中心和珠江口区域，如广州市、佛山市、东莞市和深圳市等地市，其排放值一般大于0.03 Mt/km²。
- 从变化趋势看，超过98%的区域表明CO₂排放量呈上升趋势，其中约81.6%的区域呈显著上升趋势（P < 0.05），且主要分布在中部和东南部，其速率大于0.001 Mt/km²。



3 研究结果

(2) 植被碳储量

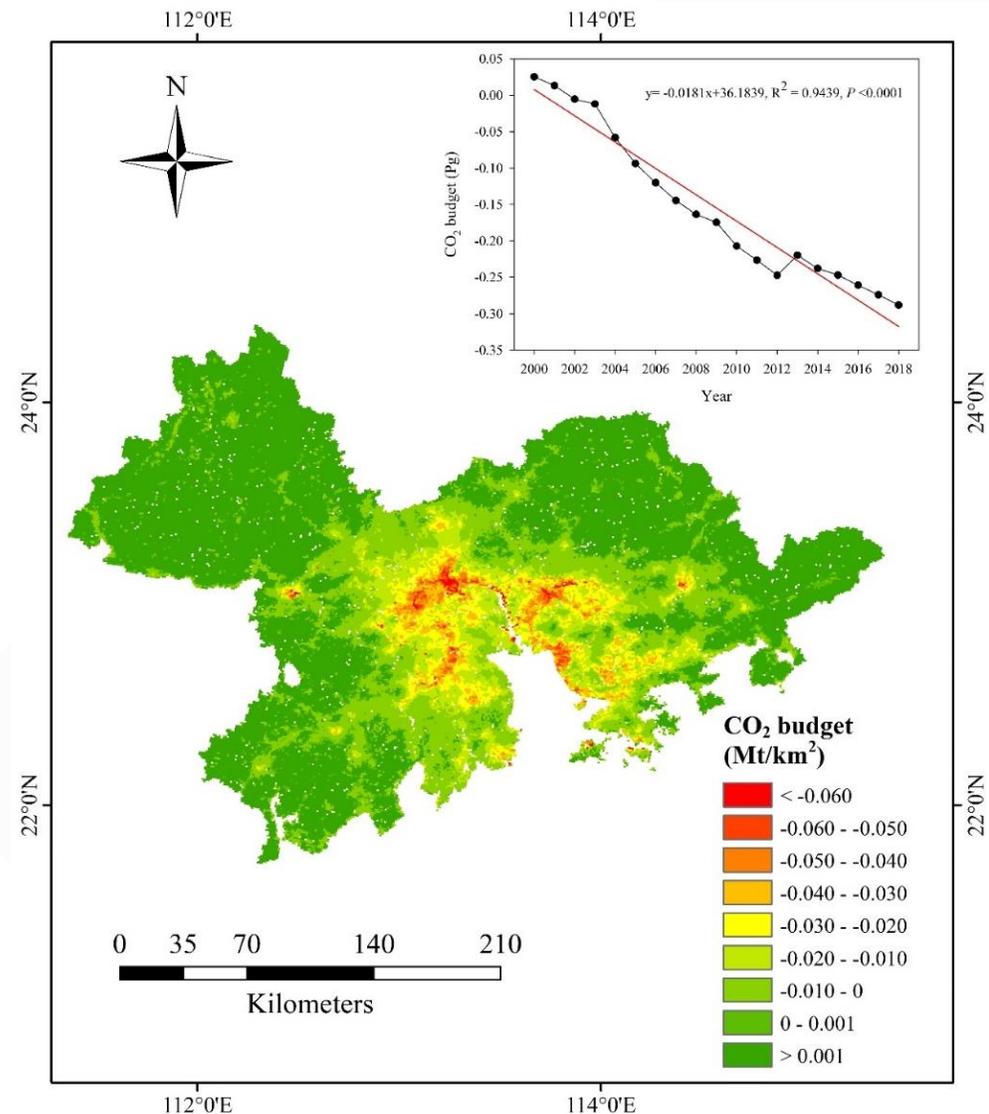
- 年NPP均值呈中部向四周递增的趋势。
- 从年际变化趋势看，NPP总量年际变化较小，主要在38.75 — 44.65 Tg之间。从时间变化趋势看，NPP总量呈不显著 ($P = 0.664$) 增加趋势，其速率约为 0.030 kg/m^2 。



3 研究结果

(3) 碳收支

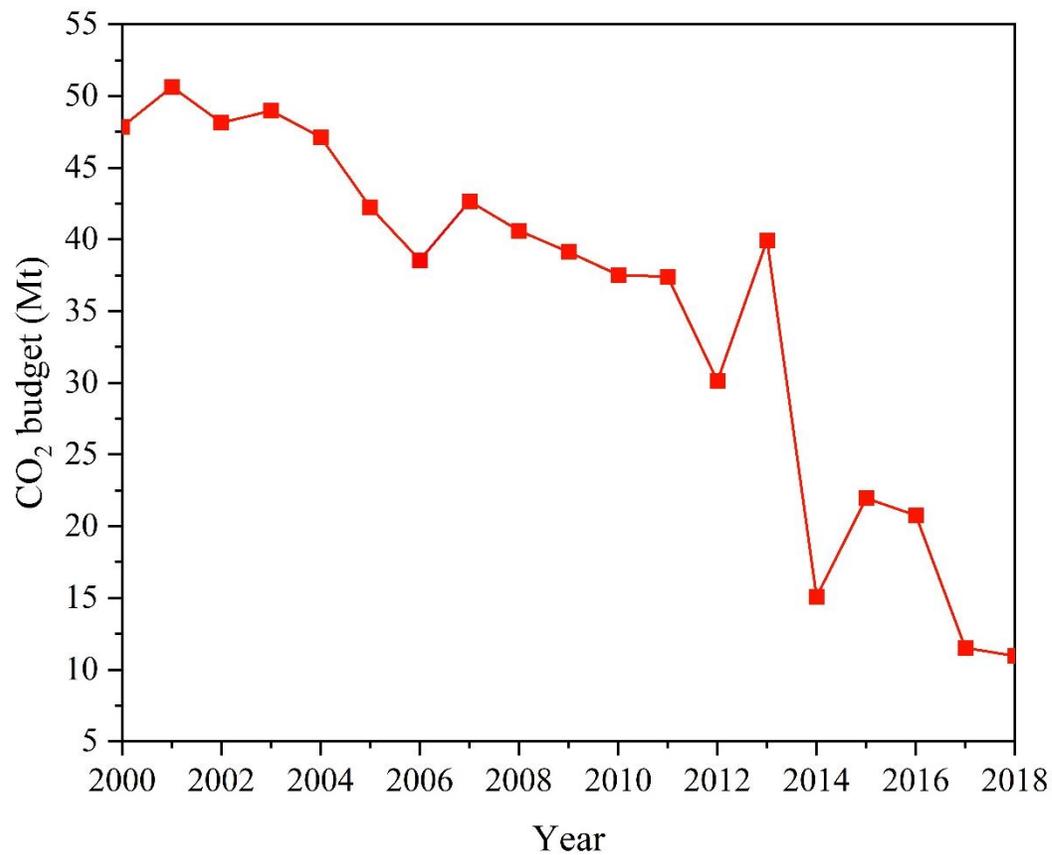
- ▶ 年均CO₂收支由中心向四周递增，其中小于0.030 Mt/km²的区域主要分布在广州市西部、佛山市东部和东莞市北部；-0.030—0 Mt/km²之间的区域主要分布在佛山市北部、中山、珠海、深圳、香港和澳门；大于0的区域主要分布在肇庆市、江门市和惠州市。
- ▶ 从时间变化看，年CO₂收支呈极显著($P<0.0001$)下降趋势，其速率约为-0.018 Pg/a。特别地，2000-2001年CO₂收支大于0；从2002年开始，CO₂收支开始小于0。



3 研究结果

(3) 碳平衡

“碳收入”城市

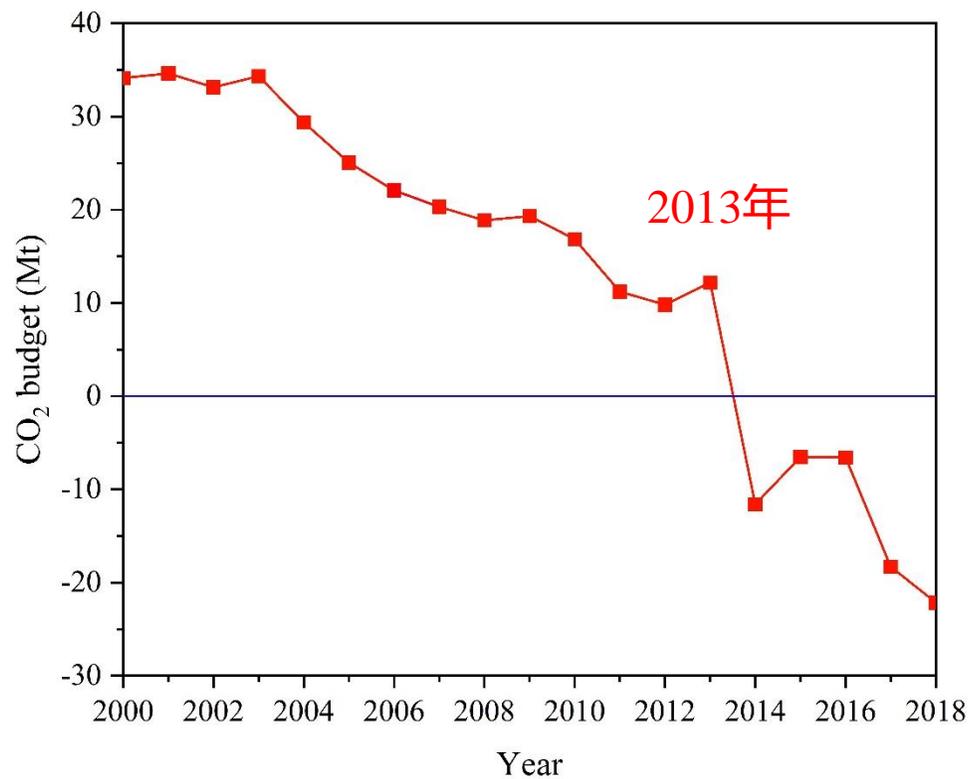


肇庆市

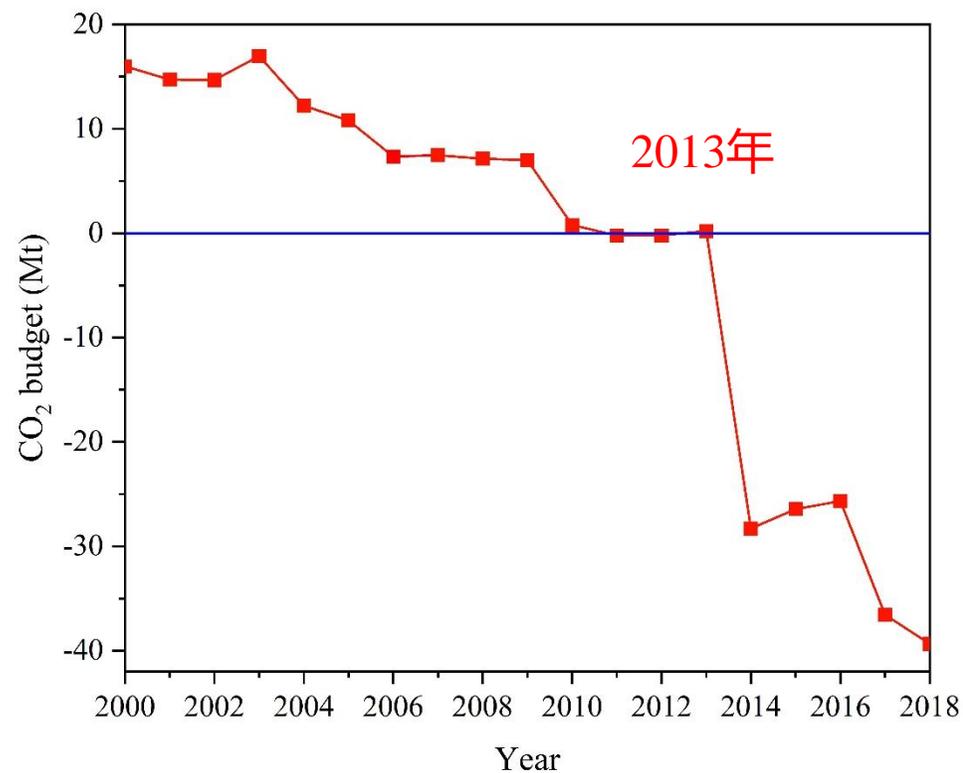
3 研究结果

(3) 碳平衡

“碳收入” 转为 “碳支出” 城市



惠州市

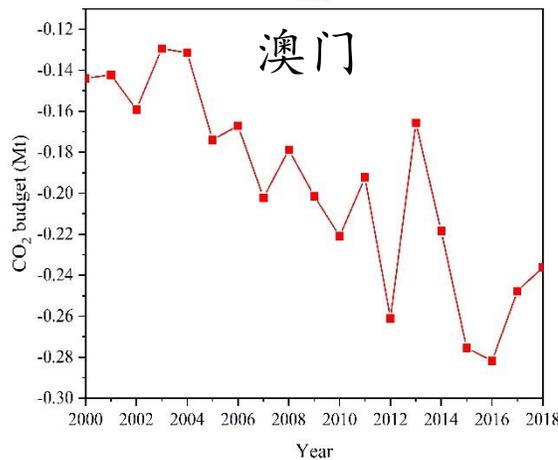
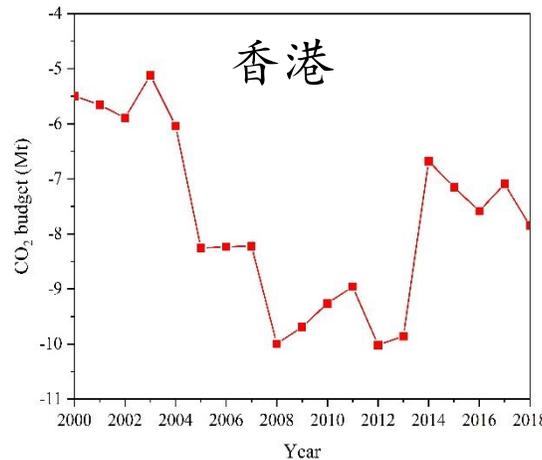
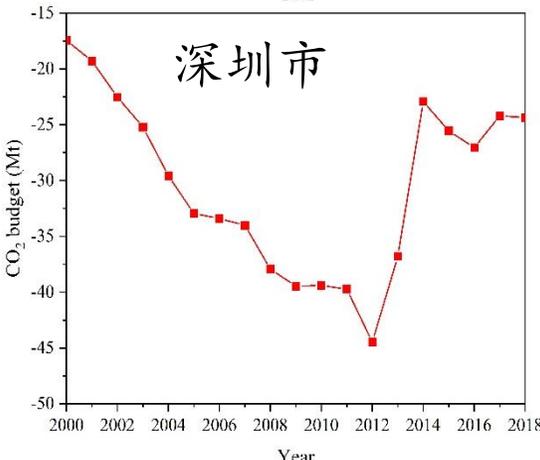
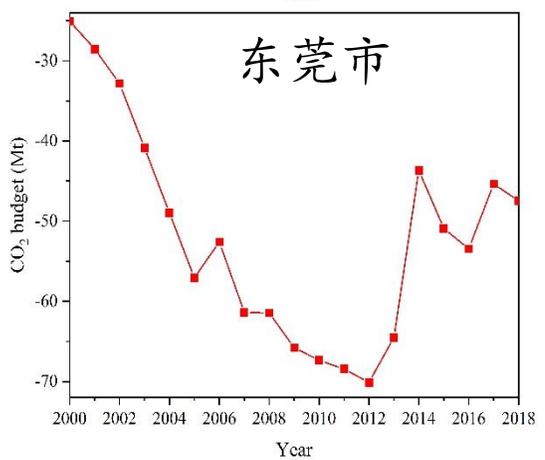
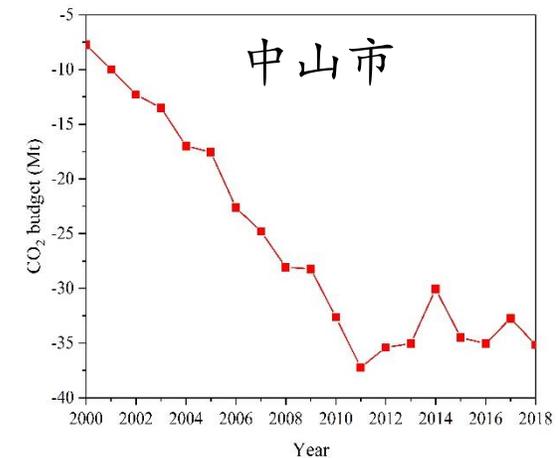
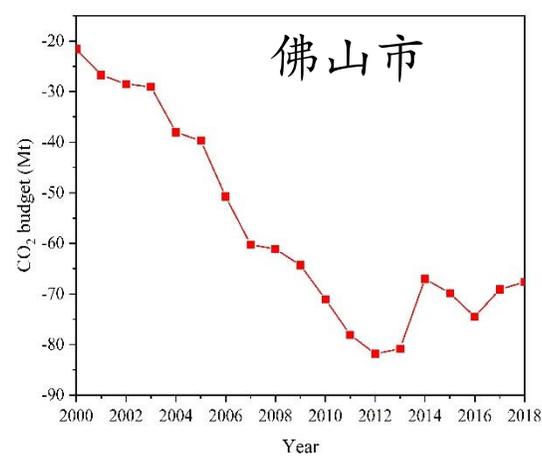
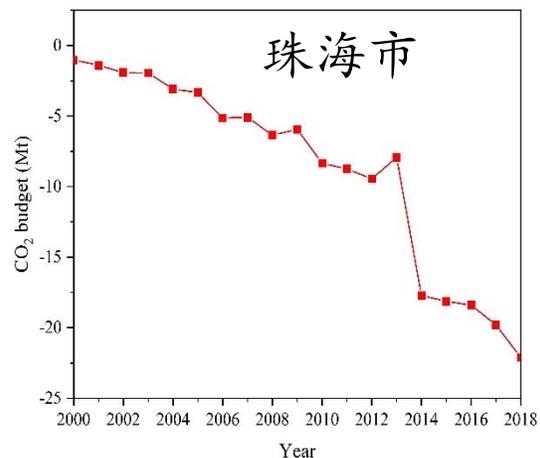
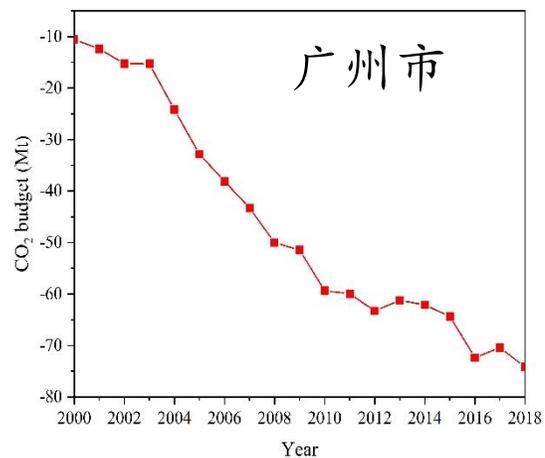


江门市

3 研究结果

(3) 碳平衡

“碳支出”城市



4 挑战与应对策略

主要挑战：

(1) 经济社会发展带来总量减排压力加剧

2019年以来，大湾区经济总量增长约3.8万亿元，人口约7000万增长到超8600万人。**经济和人口增长驱动能源消费量上升**，特别是服务业和居民生活用能，**总量控制目标给“碳中和”的带来巨大压力**。

(2) 区域发展不平衡，碳收支差异较大

大湾区内部**经济发展水平存在明显梯度，工业化水平跨度明显**。香港和澳门达到发达经济体水平，第三产业占比高达90%以上，广州、深圳、珠海人均GDP达到15万元以上，肇庆、江门等城市人均GDP在10万元以下；区域发展不平衡、减排能力和碳收支差异，增加了**低碳产业总体布局和减排任务分配**的复杂性。

(3) 能源资源禀赋短板明显

珠三角化石能源消费比重占能源消费总量的70%以上，电力来源主要来自“西电东送”，在保障经济发展和能源供应基础上，**短时间实现大规模非化石能源替代难度较大**。

4 挑战与应对策略

(4) 中低端产业存量较大

珠三角产业结构虽在不断优化升级，但区域内部产业发展不平衡，**高能耗、高排放的中低端产业存量较大**，且布局不尽合理，在减排、产业绿色升级和产业转移压力下，易造成大湾区内部或跨区域间的**碳泄漏**。

(5) 体制与制度壁垒难以打破，共同体意识尚未形成

两岸三地在制度与法规上基本各自形成了一套全面完整的价值配置系统，城市之间的资源整合、系统优化实现难度较大，**体制与制度壁垒梗阻效应**，阻碍了大湾区在“碳中和”法规、政策、标准、减排路径、资源共享等方面的协同性。

(6) 人地矛盾突出，生态空间被严重挤占

大湾区各城市对生态要素的保护、开发、投入的程度不尽不同。建设用地面积由2000年的4420.95 km²增加到2020年的8123.33 km²，且以耕地和林地等空间为主，**人地矛盾导致自然生态空间不断受到挤压**，生态系统结构、功能、稳定性以及区域生态安全受到威胁，**生态系统碳汇增长潜力有限**。

4 挑战与应对策略

应对策略：

(1) 加强顶层设计，建立低碳统筹协调机制

在能源发展和低碳发展规划上，立足大湾区全局，**打破行政壁垒和条块分割管理体制，强化顶层设计和协同减排机制**，根据碳排放增长需求和减排能力，制定**“一城一策”差异化减排路径**；充分发挥广州、深圳碳排放权交易所平台功能，构建市场化减排机制，推动跨区域碳补充、减排补偿和碳排放权交易机制。

(2) 加强能源转型，筑牢实现“碳中和”基础

优化能源供给结构，降低化石能源消费占比，推进可再生能源利用比例，在税收、融资等方面**加大可再生能源项目补助**；**建立跨区域能源协调运营机制**，建设能源科技与信息共享平台，推动三地能源协同发展。

(3) 加强产业发展协同，谨防“碳泄漏”

明确城市产业分工，杜绝产业异地转移过程中高能耗产能无序扩大。广州、深圳等具有产业优势且市场辐射能力强的城市，加大新能源、新材料等战略新兴产业发展；肇庆等承接产业转移的城市，抓住产业重塑机会，在工艺、用能、能耗、碳排放等方面**严格准入管理**，推动产业结构向绿色、低碳方向迈进。

4 挑战与应对策略

(4) 加强科技创新协同，提升低碳技术创新能力

聚焦碳中和关键共性技术，加快氢能、生物质能、储能、碳利用与封存等技术研发；充分发挥粤港澳科研机构、创新平台、高新技术企业在科学研究、技术研发等方面的优势，鼓励产学研合作，**加快关键低碳技术联合攻关和成果应用**。

(5) 倡导绿色消费，构建绿色低碳生产和生活方式

充分利用新媒体等媒介，加强“碳中和”知识、**绿色低碳生活理念的宣传和普及**，积极营造节能低碳氛围，提高社会对“碳中和”的认知水平，增强全民低碳意识；探索两岸三地一体化**碳普惠制度**，推动“碳积分”跨区域兑换；加快推广碳标签制度，**建立粤港澳碳标签互认机制**。

(6) 加强生态系统保护，增强生态系统碳汇能力

打破跨界、跨部门管理界限，完善因行政边界分割导致的自然生态空间管控事权分离，**促进一体化的区域性自然生态空间保护与利用法规法律体系建设**；转变以增长为导向的无序扩张，加强森林、沿海红树林等生态系统保护，提升环珠江口生态系统质量，优化生态系统结构，**增强生态系统碳汇能力，构建生态系统碳汇监测机制**。

➤ **生态环境部华南环境科学研究所（生态环境部生态环境应急研究所）**是生态环境部直属的从事综合性生态环境科学研究的公益性科研机构。拥有**4**个省部级重点实验室，**1**个省部级工程实验室，**3**个省部级工程中心，**5**个科学观测研究站，**1**个区域性二噁英监测中心，**1**个博士后科研工作站。

➤ **城市生态环境研究中心**（Urban Environmental Research Center）

城市人群
人。建

➤ **城市环境**

应对与
碳达峰

反馈机制。



人，
南
生
估
类



Tel: 13538776172

微信同号





生态环境部华南环境科学研究所

South China Institute of Environmental Sciences, MEE

SCIES



THANK YOU !

