



本科生科研结题答辩

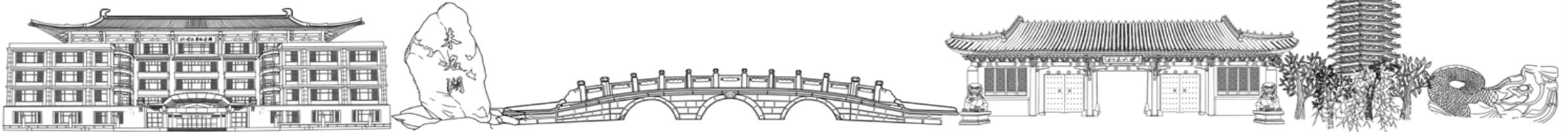
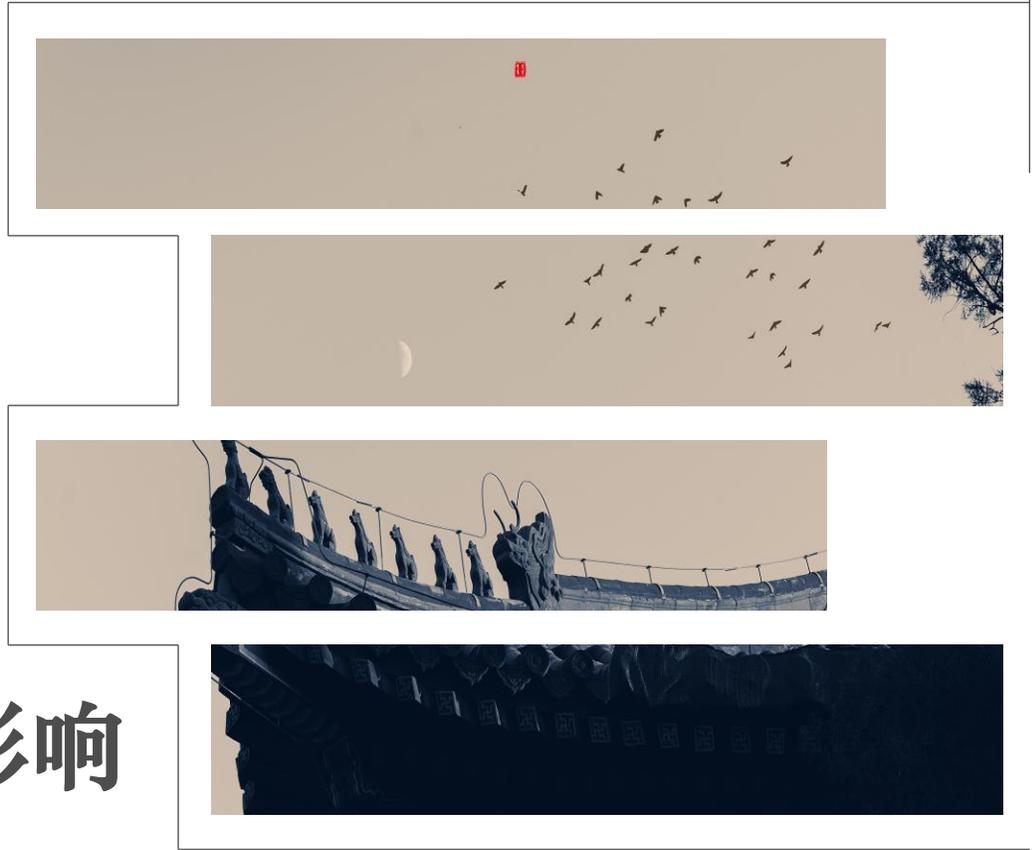
可持续发展目标(SDGs)下

全球生物质能的供给与影响

汇报人：房晨 环境科学与工程学院-环境科学（管理方向）

时 间：2022年11月3日

指导教师：戴瀚程



目录

CONTENTS

01



研究背景与问题

生物质能与能源转型
生物质能与碳中和
生物质能与可持续发展目标

02



研究方法

GLOBIOM模型原理
模型情景设置

03



结果与讨论

供给成本与分布
粮食安全与温室气体排放

04



总结与展望

政策建议
研究的不足之处

01 研究背景与问题

- 生物质能的内涵
- 生物质能、能源转型与碳中和
- 生物质能与可持续发展目标
- 研究问题与创新点



01 研究背景与问题

生物质能的定义与内涵

生物燃料 (Biofuel) 是直接或间接来源于植物通过吸收太阳光进行光合作用的，以化学能形式储存的有机物质的总称。

通过燃烧、发酵等方式利用生物燃料产生的能量被定义为**生物质能 (Biomass Energy 或 Bioenergy)**。

生物质能的发展与分类

第一代：粮食作物（生物乙醇：玉米、甘蔗、甜菜等；生物柴油：油菜籽），代表国家为美国、巴西等粮食生产大国；

第二代：非粮能源作物或麦秆、木材等**农林废弃物**，木质纤维素转化为生物燃料，产出生物质能（柳枝稷、巨芒草等）；

第三代：以微藻为原料生产的各种生物燃料。

广义的生物质能不仅包括粮食作物、能源作物等植物，还包括**畜禽粪便、工业有机废物、生活垃圾、城乡生活污水**等各类含有机物质的原料来源。

生物质能、能源转型与碳中和

灵活性：作为燃料形式能源，生物质能既能对现有传统化石能源起到较好的替代效果，也能满足不同部门用能储能需求。

与负排放技术 (NETs) 相结合：规模化应用于发电行业将有力替代传统化石燃料，推动电力部门负排放，实现碳中和目标（如生物质能和碳捕集、利用与封存相结合的**BECCUS技术**）。

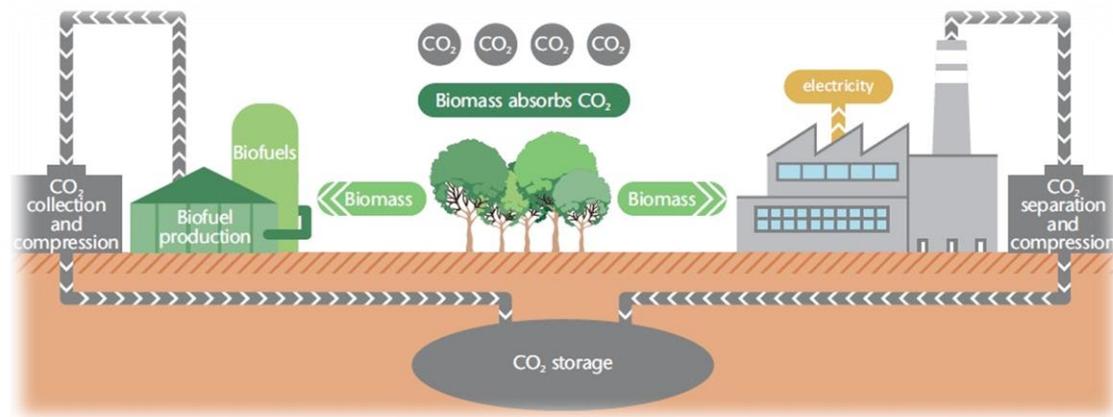


图1 BECCUS技术示意图

01 研究背景与问题

1EJ (艾焦) = 10^{18} J

1Mtce=0.03EJ, 3EJ \approx 1亿吨标准煤

2021年, 中国能源消耗总量约52.4亿吨标煤



生物质能供需情况

表1 供需现状与潜力

	全球	中国
需求量	100~280EJ (20%) (2050净零排放)	\approx 20EJ (2060实现1.5°C目标)
供给量	\approx 50EJ	\approx 5EJ
供给潜力	130~410EJ	15~30EJ (10~20%)

研究问题

- 1、在有无SDGs约束的情况下, 全球生物质能的**经济可行性**? **供给成本、分布与风险**有何差异?
- 2、SDGs目标与生物质能供给之间的**矛盾**源于何处, 如何进行合理的**权衡**?

边际贡献与创新点

- 1、设置全球**阶梯生物质能需求量**, 分析不同需求情景下生物质能的供给模式与产生的社会环境影响
- 2、从**土地利用可持续性**的角度探讨生物质能生产可能的影响, 使模型结果更具有实际意义;
- 3、模型结果有助于后续**耦合能源系统分析模型** (如拓展CGE等能源或技术模型中对土地和生物质能的刻画)

生物质能与可持续发展目标

生物质能生产会:

影响全球粮食生产与农产品市场, 反映在社会层面即为食品供应与饥饿人群比例的改变——**SDG2: 零饥饿**

改变土地利用模式造成碳排放(LUC), 作物生产排放甲烷等温室气体。——**SDG13: 气候行动**





北京大學
PEKING UNIVERSITY



02 研究方法

- GLOBIOM模型介绍
- 模型情景设置

02 研究方法 ▶▶▶

GLOBIOM模型

全球生物圈管理模型 (the Global Biosphere Management Model, GLOBIOM) 是由IIASA于2007年开发的一个全球农业林业部门的**综合评估模型IAMs**, 能有效模拟世界农业与林业部门的供给需求与贸易关联, 以及相关经济与人口指标。

四大特征:

- **全球**: 模型中地区之间在**完全竞争**市场上生产、消费和交易农业和森林部门的最终产品;
- **自下而上**: 模型从土地覆盖、土地利用情况以及管理模式等**底层基础**上升到总产出与市场贸易中;
- **动态递归**: 模型均衡状态会**随着时间的演替而发生改变**;
- **局部均衡**: 模型只针对林业、农业等部门进行了细致刻画, 其余部门的基本信息外生给定。

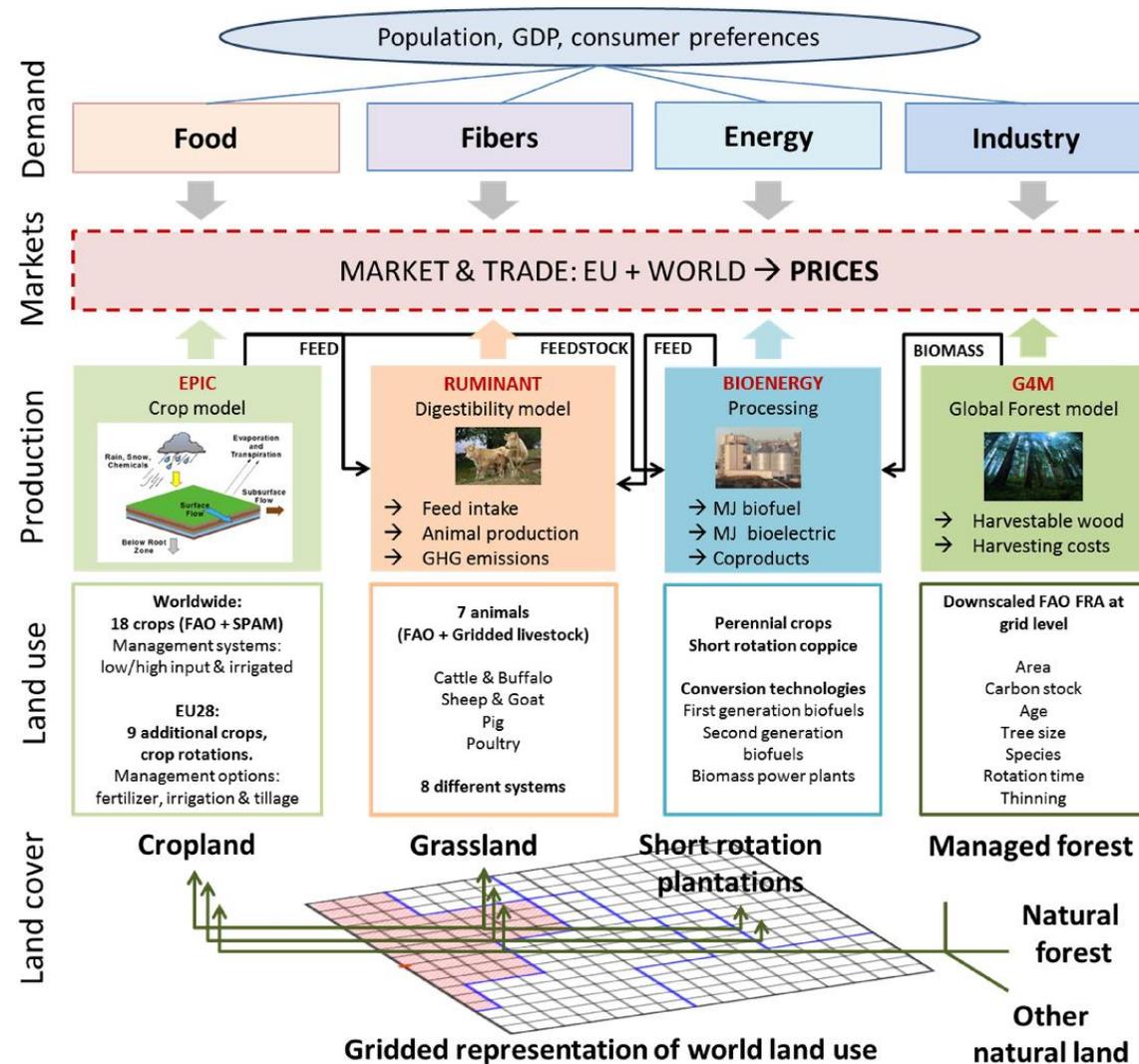


图2 GLOBIOM模型框架图

02 研究方法 ▶▶▶

类型划分

GLOBIOM中将生物质分为：**能源木材生物质、薪材生物质、工业种植的生物质**、谷物与糖类作物、油料作物，实际将后两种加上固体废物、禽畜粪便、有机污水等生物质能类型共同合并为**非木质生物质能**，并默认该类生物质能的供给量在未来保持不变。

价格机制

$$Cost_{biomass} = Cost_{Technology} + Cost_{opportunity}$$

技术成本=固定成本（种植能源作物的设备、土地成本）+**可变成本**（种植、收获、预处理、运输过程的成本）。

机会成本：同一片土地如果进行农业生产（种植粮食作物）或林业生产（木材）可带来的收益。

在模型中不考虑生物质的地区间贸易。

地区设置

模型共把全球分为**12个区域**。

前苏联地区、其他亚太地区、西欧、中欧/东欧、撒哈拉以南非洲、拉丁美洲和加勒比国家、OECD国家、北美、中国、北非中东地区和南亚。

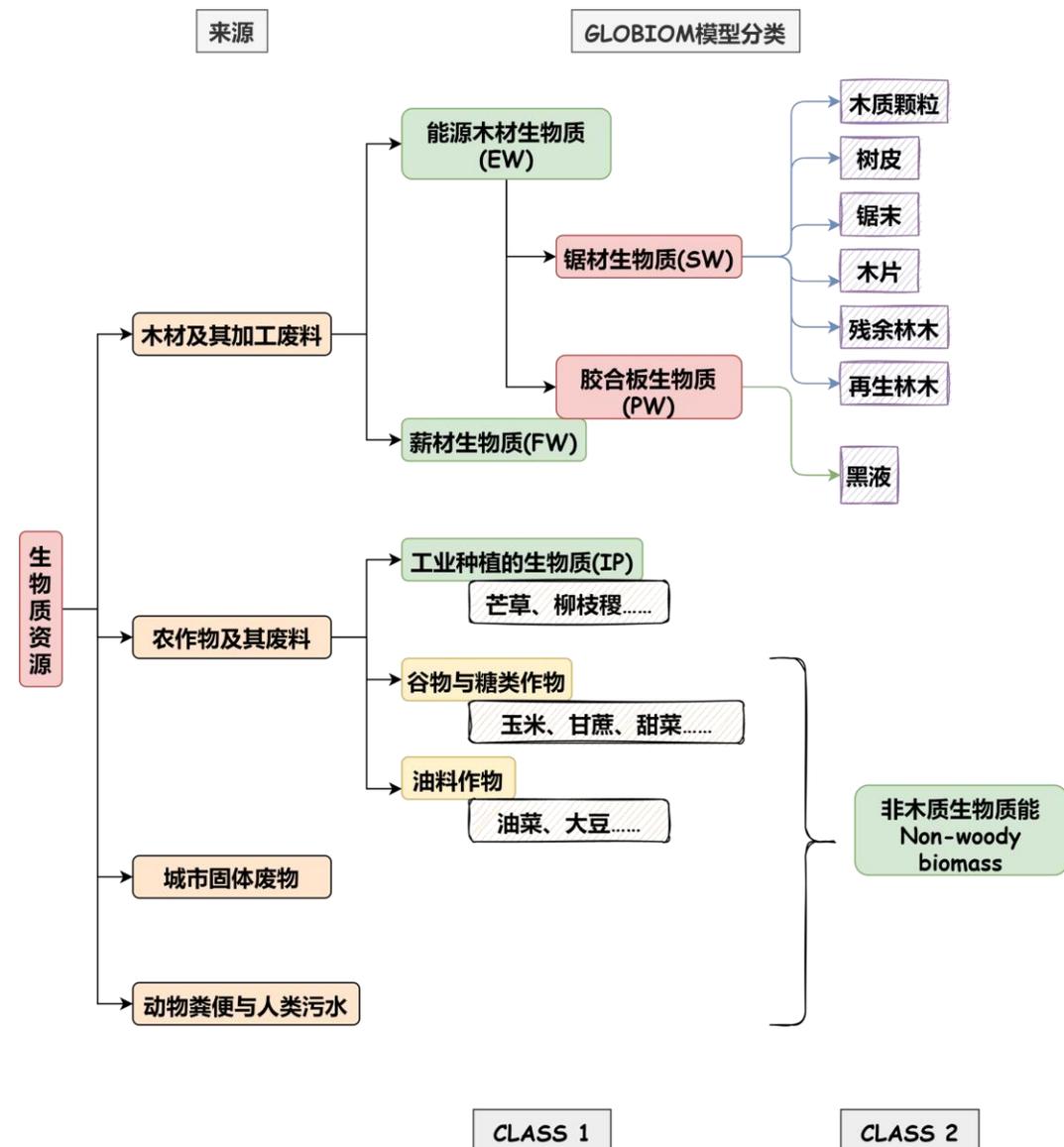


图3 GLOBIOM模型对生物质能的分类

02 研究方法 ▶▶▶

需求设置

2000, 2010, 2020年全球生物质能的供给总量依据**历史数据**输入模型, 之后分别要求2060年生物质能供给量相较于2020年水平 (42.6EJ) 依次增加**0-150EJ**。

各需求情景以**5EJ为数量间隔**, 时间尺度上呈现生物质能总量从2000到2060年呈线性递增。

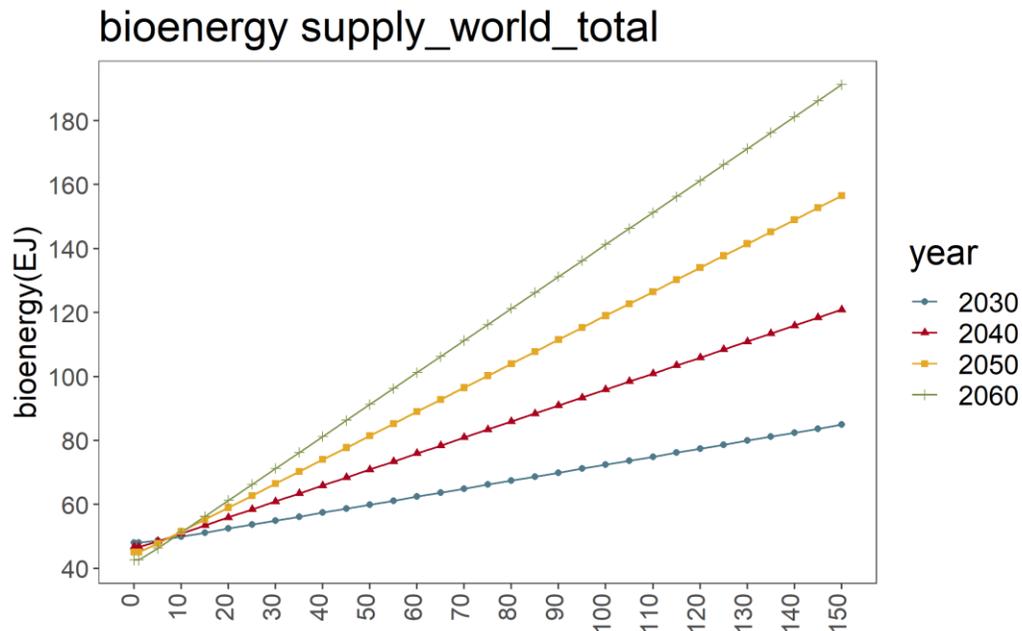


图4 全球生物质能总量需求设置

情景设置

● 基准情景

放松对于**生物多样性保护、毁林以及碳税**的限制与约束 (即: 无碳税、不加额外的生物多样性保护, 没有毁林限制)

● 可持续发展目标 (SDGs) 约束情景

①**生物多样性** (总保护区表面积比例增加到17%, 地图中划定生物多样性高的区域并禁止其从2030年起转换为农业或林业管理用地)

②**禁止毁林** (中国、美国、欧盟、拉丁美洲、撒哈拉以南非洲五个地区严格禁止森林砍伐, 其他地区施加相应约束)

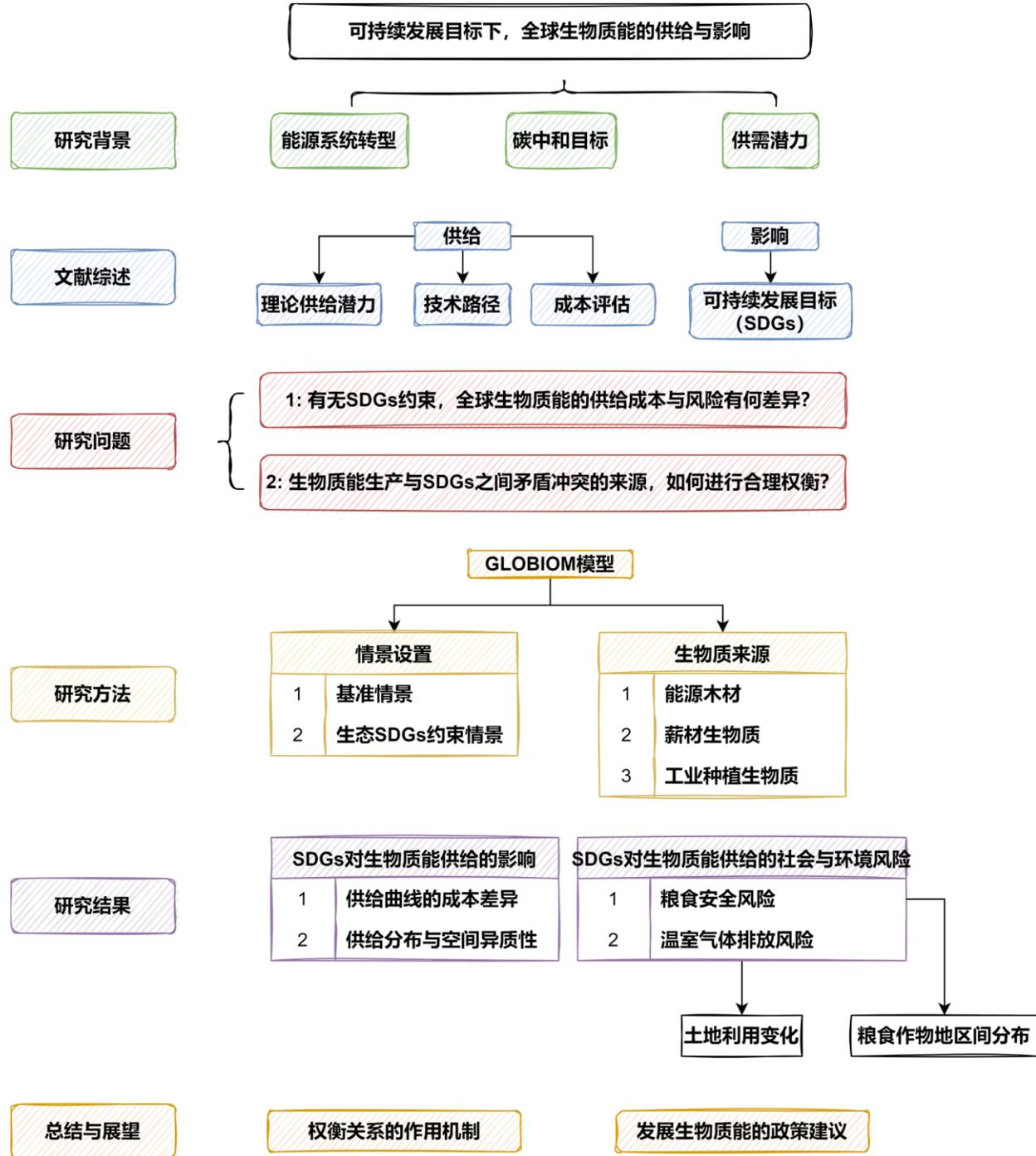
③**严格碳税** (全球统一, 额度对应于SSP2-1.9下的1.5°C目标, 征收对象是农业生产和土地利用排放, 税率随时间线性增加)

表2 碳税设置

	2020	2030	2040	2050	2060
Carbon Tax (\$/t carbon)	43.6	71.03	115.69	188.45	306.97

02 研究方法

本研究的思路框架



03 结果与讨论

- (1) 经济可行性、供给与分布
- (2) 和可持续发展目标的权衡

03 结果与讨论

(1) 经济可行性、供给与分布

供给曲线——价格-数量 (P-Q) 间的相互关系

模拟各种假设的能源木材价格（单位：美元/吉焦）下可用于大规模能源生产的木材生物量。

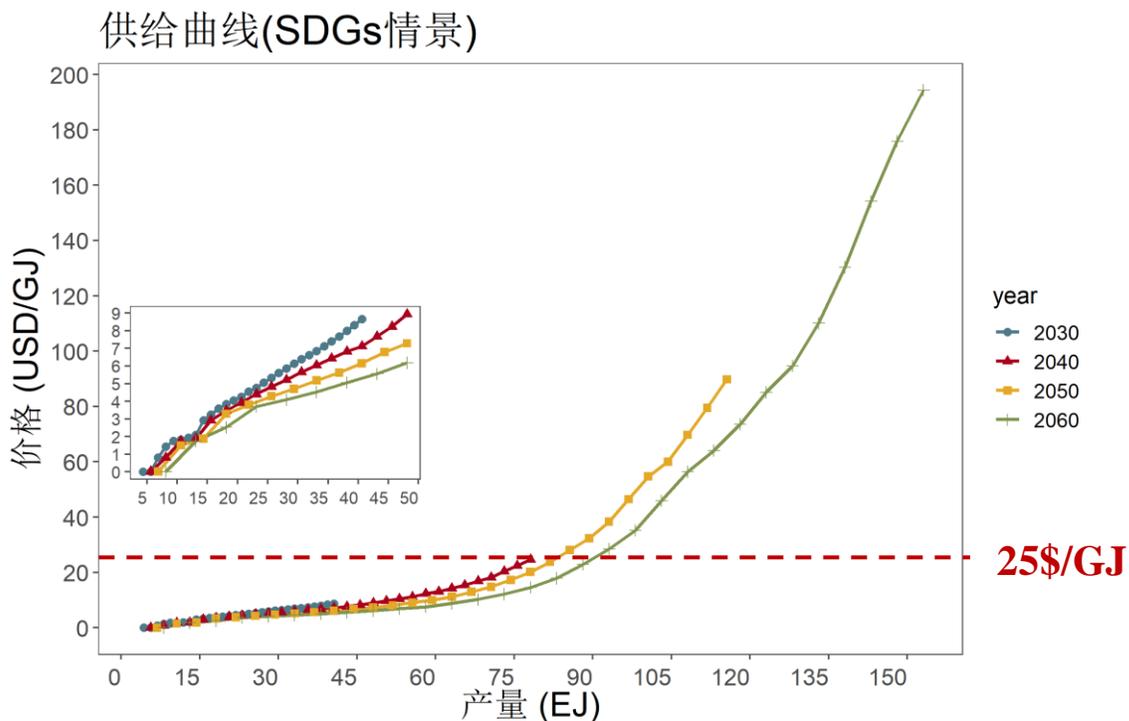


图5 SDGs约束情景下，生物质能供给曲线

- 随着需求量不断提升，可持续约束下的生物质能价格呈现**加速上升趋势**，基准情景下生物质能价格的增速则平稳而缓慢。
- 如需保证生物多样性等SDGs不受破坏，那么在生产技术不存在突跃的前提下，生物质能将**失去价格的竞争力**。
- 随着时间的推移，存在**规模效应**使生物质能生产成本下降，但下降幅度相比高昂的成本而言很小。

供给曲线

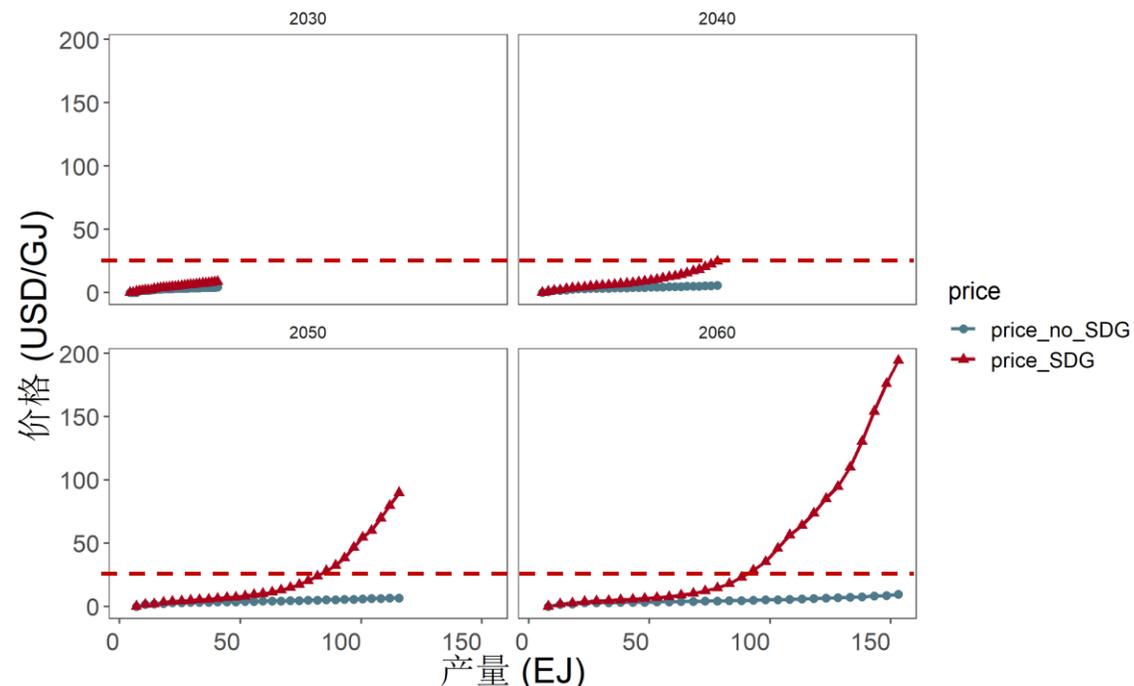


图6 两类情景生物质能供给曲线差异

03 结果与讨论 ▶▶▶

(1) 经济可行性、供给与分布

各地区在生物质能供给结构上并无太大变化。

主要趋势是SDGs约束会**提升能源作物在生物质能供给中的占比**，**降低对能源木材的依赖**（北非、欧洲地区）。

- ①可能与能源作物在大规模生产生物质能过程中更有**成本有效性**有关；
- ②可能与不同生物质能在供给过程中**与土地的其他用途冲突程度**有关。

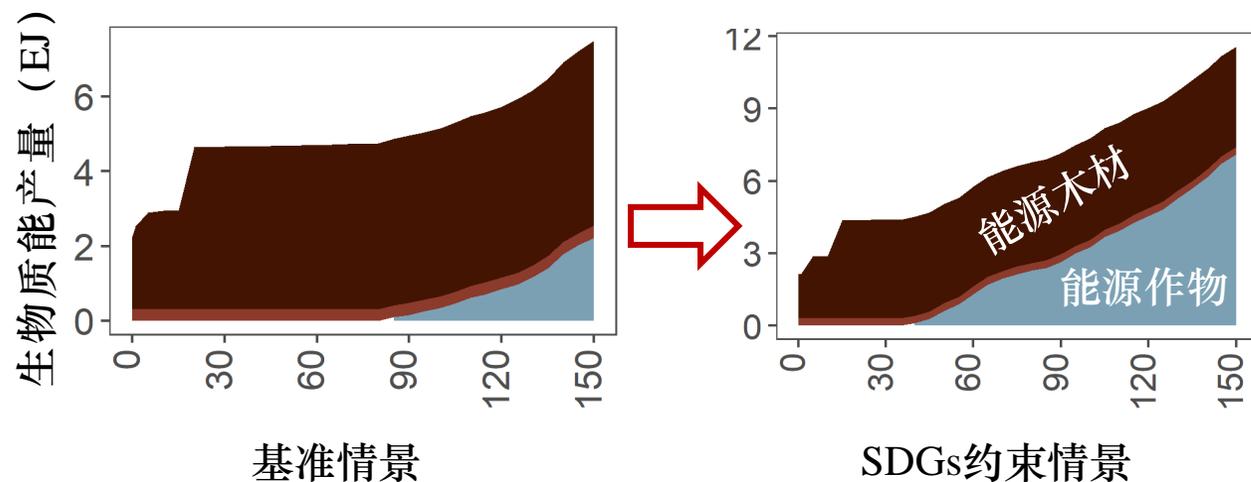


图7 施加SDGs约束后生物质能供给变化（2060年，欧洲地区）

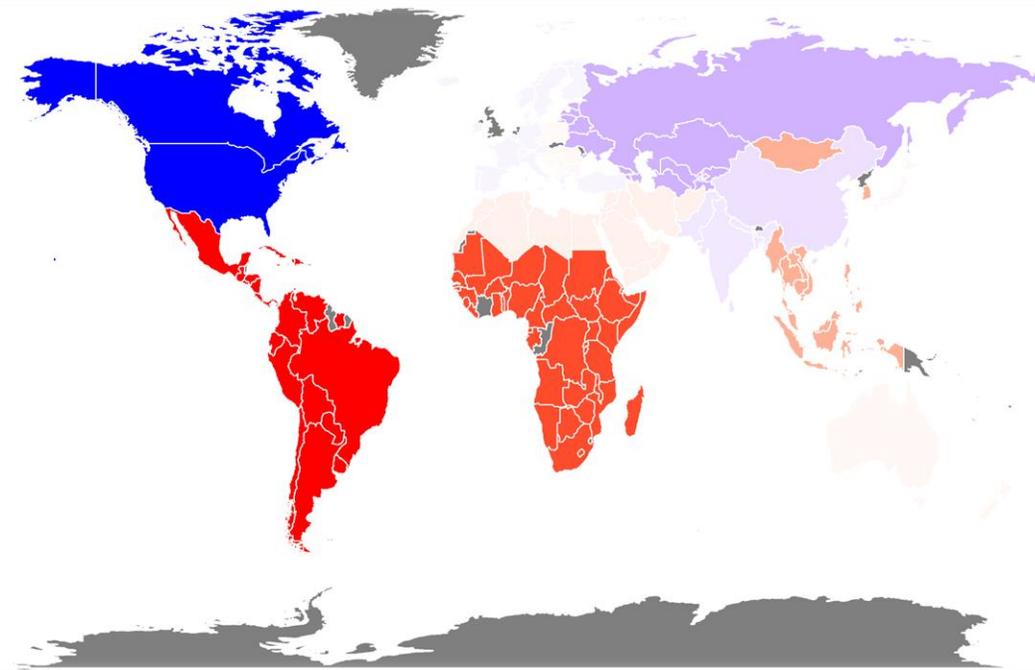


图8 施加SDGs约束后生物质能供给变化（2060，100EJ）

全球范围内生物质能供给变化呈现区域异质性：

非洲、南美地区供给量显著下降；

北美地区有显著上升。

商业化规模化利用的森林资源主要在中高纬度地区

03 结果与讨论

15 陆地生物



(2) 和可持续发展目标的权衡

不同地区的土地利用模式在SDGs约束下呈现不同的变化特征。

北美地区：大量天然原始林地被改造为**人工林**，同时将耕地改造为种植林地，从而**实现生物质能的充足供应与生产**，在全球范围内占据主导地位。

南亚地区：土地变化面积偏小，且变化不大。变动的土地中有接近一半是**耕地**，均被改造成**种植林地**。这一方面是SDGs的要求，另一方面也是为了提供生物质能的需要。

土地利用类型变动原因：

- ①**比较优势**差异：不同地区生物质能**生产力**与**所需成本**的不同；
- ②**SDGs约束**差异：不同地区**毁林和粮食供给的约束**不同。

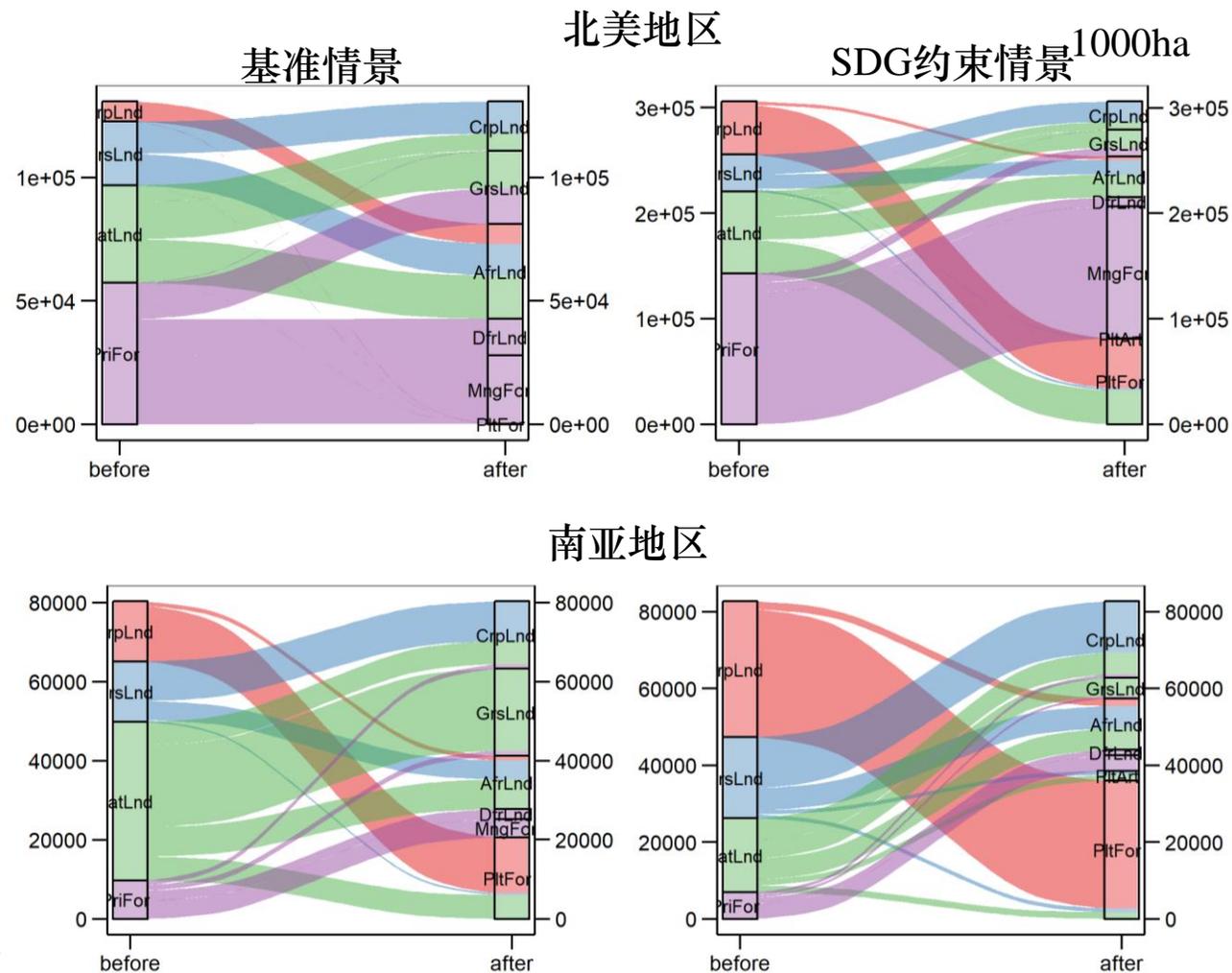


图9 土地利用变化情况（北美与南亚地区，2060-150EJ）

03 结果与讨论

(2) 和可持续发展目标的权衡



CH₄和N₂O等非二气体的变化规律大致相同，主要因为二者均来自于农作物的生长与施肥，种植过程直接受到SDGs和生物质能需求约束。

施加SDGs约束后，全球**非二气体**的排放量有明显下降。其中，**亚太、拉美地区**下降幅度最大，可能是SDGs中的碳税设置对其约束最大。

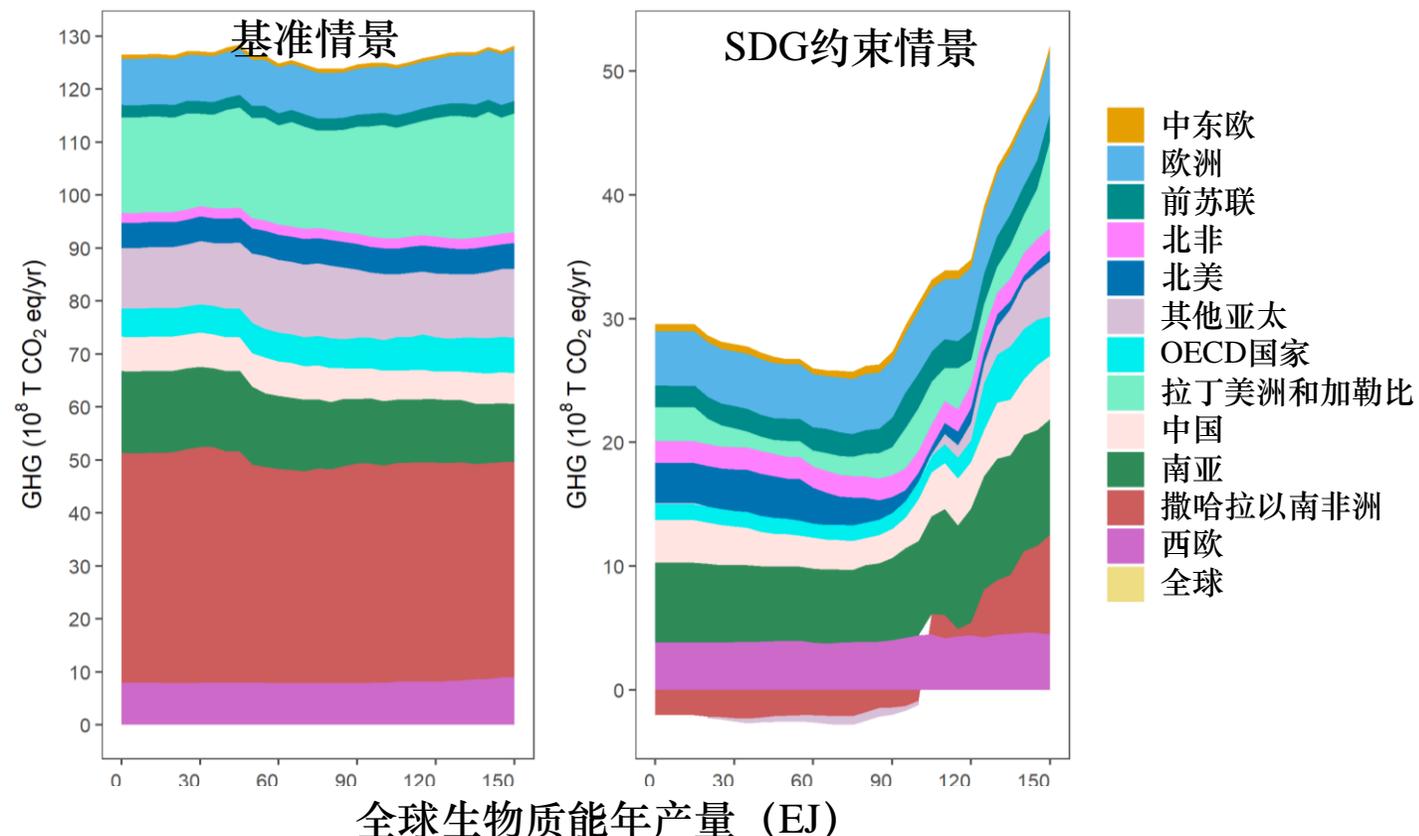


图10 温室气体排放变化情况 (2060)

SDGs约束下，温室气体排放有明显下降（幅度约**70%**），但随生物质能需求量的增加，温室气体排放会有**回升**。

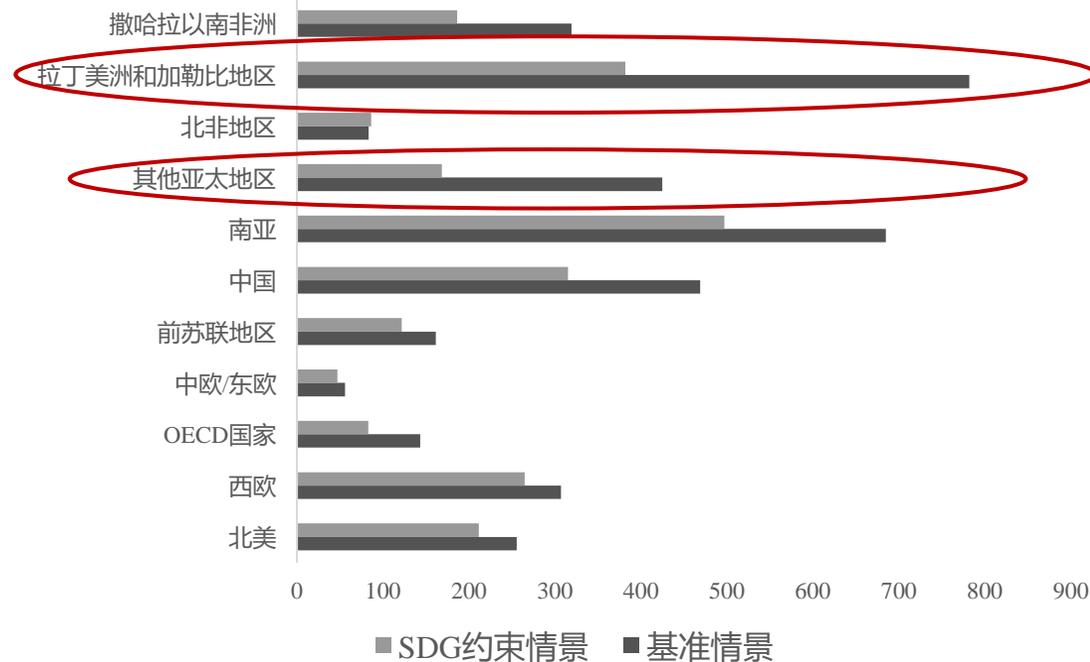


图11 CH₄在两个情景下的变化 (2060, 150EJ)

03 结果与讨论

(2) 和可持续发展目标的权衡

2 零饥饿



随着需求增加，生物质能生产与粮食作物生产对**土地利用的矛盾**愈发强烈，**粮食安全风险**因此升高。

基础风险高的地区粮食安全受到的威胁增幅也越大。

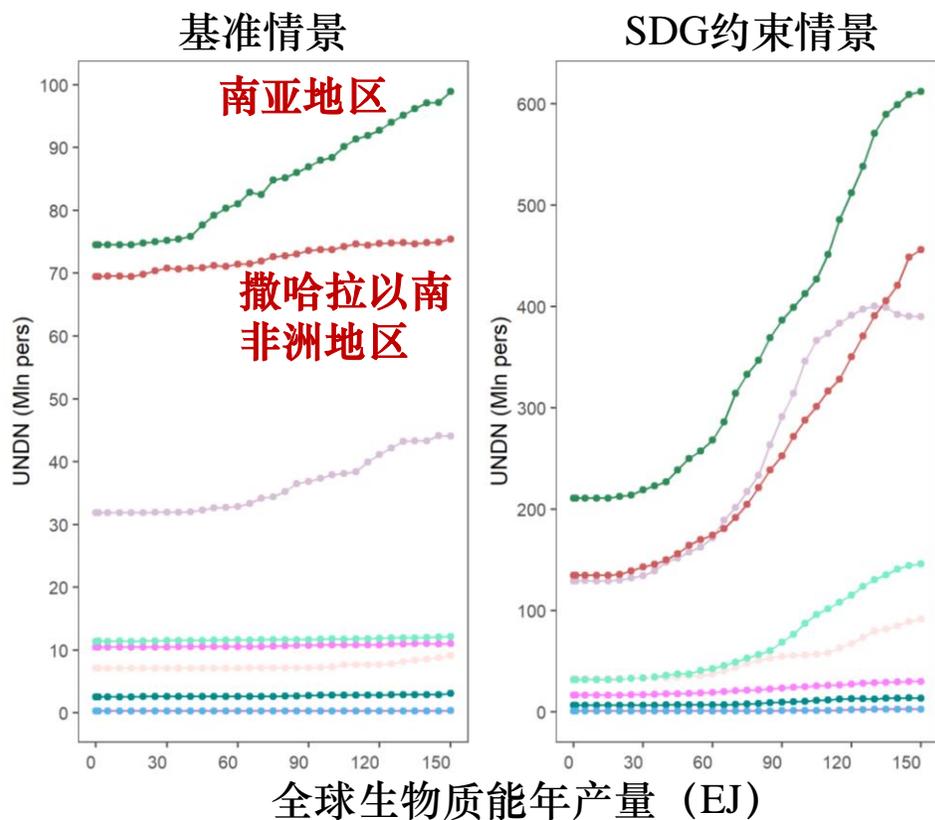
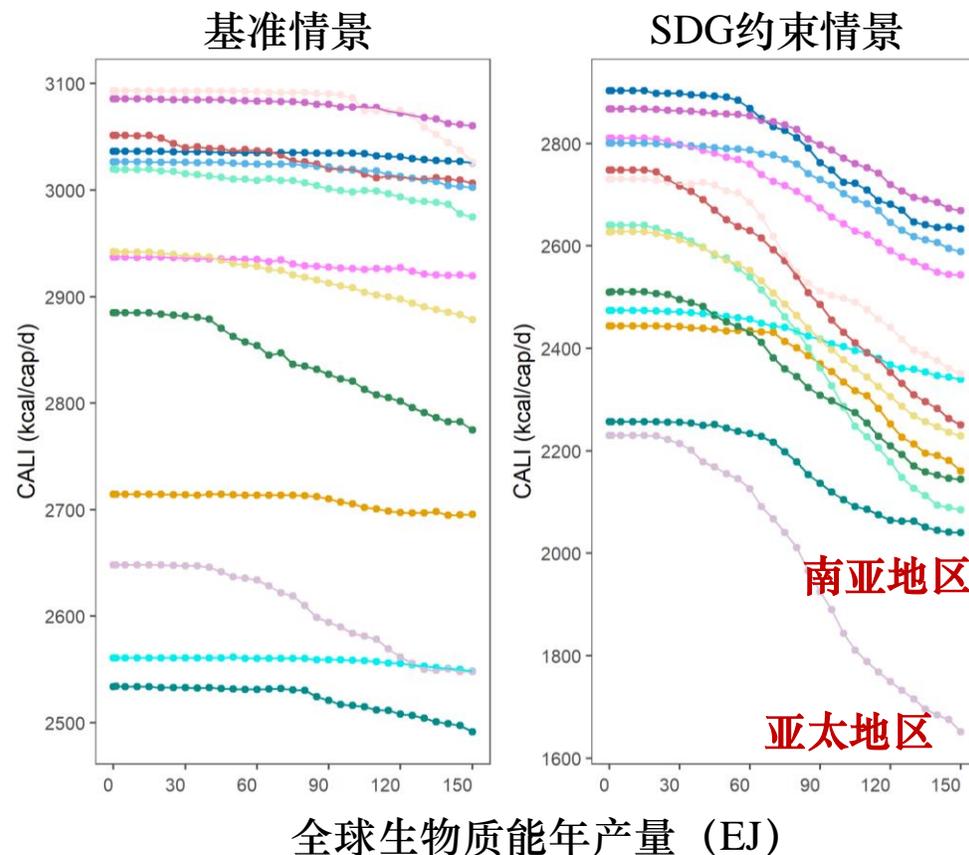


图12 施加SDGs约束后营养不良人数 (UNDN) 变化 (2060)

图13 施加SDGs约束后人均卡路里摄入量 (CALI) 变化 (2060)



随生物质能需求增加而下降幅度最大的地区主要为**亚太地区以及南亚地区**。150EJ情景下，亚太地区CALI值低于1700卡路里/人，比基准情景低了约**1/4**。

上升最多的地区为南亚与撒哈拉以南非洲地区，全球UNDN会上升**约4000万人**。SDGs约束让高生物质能需求情景下南亚地区UNDN增至原来的**6倍**，达到**6亿人**。

03 结果与讨论

(2) 和可持续发展目标的权衡



从粮食生产的角度可以进一步解释**不同地区在营养摄入方面的差距，呈现出区域异质性。**

水稻：澳大利亚、巴西等地区生产力受到冲击

小麦：中国、巴西、印度等地的生产力受影响

SDGs约束条件下，不同地区粮食产量和生物质能需求之间**互相影响关系**更加明显。

可能的原因：

由于粮食和生物质能生产对土地利用的冲突可能导致在生物质能需求量较高的情景下，部分地区**土地生产力**的下降。

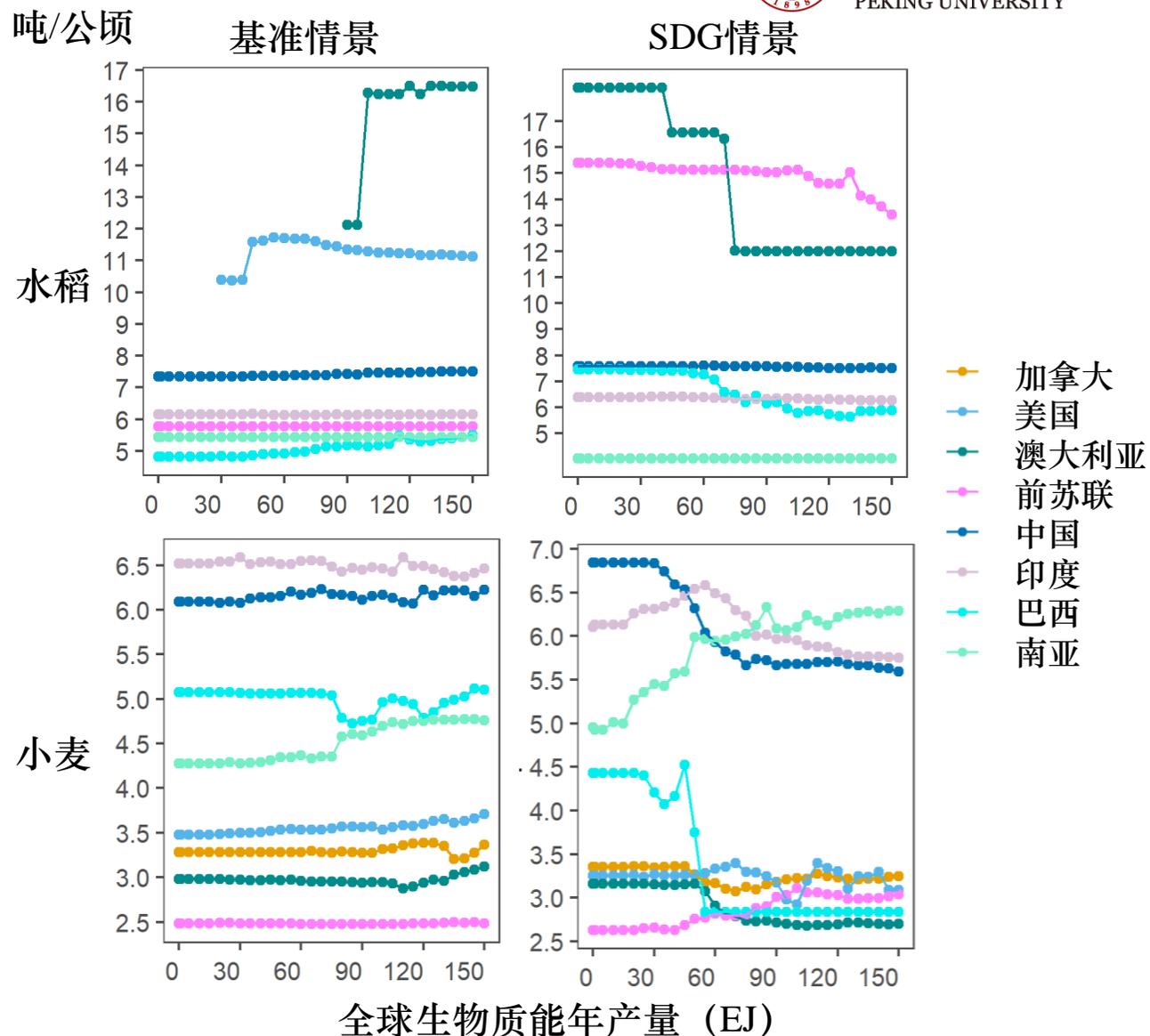


图14 施加SDGs约束前后不同地区粮食生产变化 (2060)

04 总结与展望

- 政策建议
- 本研究的不足

HUHUUMUMU PHOTOGRAPHY

Huhu is nasty. Hui and Huihu is a lovely girl.
Huihu is the nickname given by Huhu.
Huhu always smokes.
So Huihu called him Huhu to return.
They will keep mutual care, glasses, like this and purely stand down.



北京大学
PEKING UNIVERSITY

04 总结与展望 ▶▶▶

政策建议

① 生物质能在未来有一定发展空间，但面临**经济可行性方面的约束**；

② 生物质能的生产需要注意原料种植与粮食作物之间的**竞争与权衡关系**；

（需要适当结合自然地理条件调整生物质能生产的**地区分布与具体方式**，如充分利用边缘土地进行生产）

.....

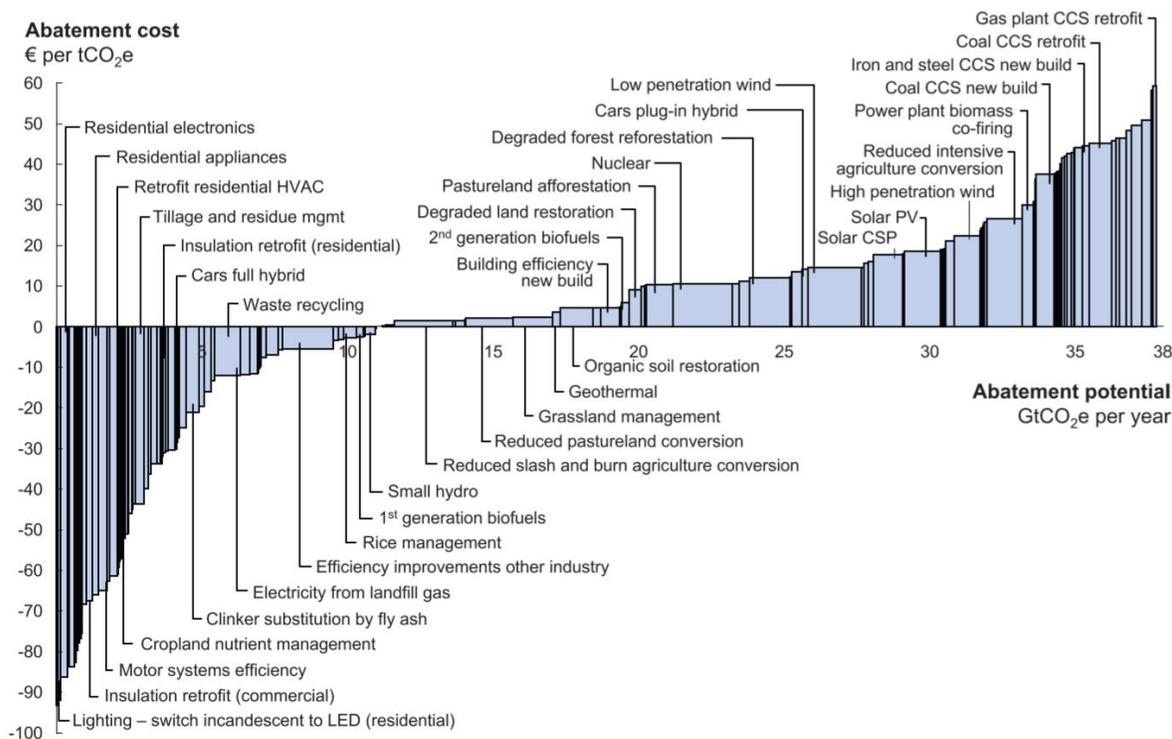
本研究的不足

① 没有分析生物质能生产的**实际减排潜力**以及在应对气候变化方面的作用，难以与其他减排措施横向比较；

② 对生物质能和可持续发展目标之间的权衡取舍关系分析不够深入，对背后的**作用机制**缺乏详细解释；

.....

Global GHG abatement cost curve beyond business-as-usual – 2030



Note: The curve presents an estimate of the maximum potential of all technical GHG abatement measures below €60 per tCO₂e if each lever was pursued aggressively. It is not a forecast of what role different abatement measures and technologies will play.
Source: Global GHG Abatement Cost Curve v2.0

图15 温室气体边际减排曲线

通过绘制边际减排曲线能够同时考虑**减排成本与减排潜力**，有助于确定不同类型生物质能的发展次序。

谢谢老师！ 敬请批评指正！

汇报人：房晨 环境科学与工程学院-环境科学（管理方向）

时 间：2022年11月3日

指导教师：戴瀚程