迈向2050：中国SAF目标的情景研究
Scenarios analysis for China SAF targets
——成本、生物质资源约束和碳减排的协同
Costs, biomass constraints, and emissions reduction

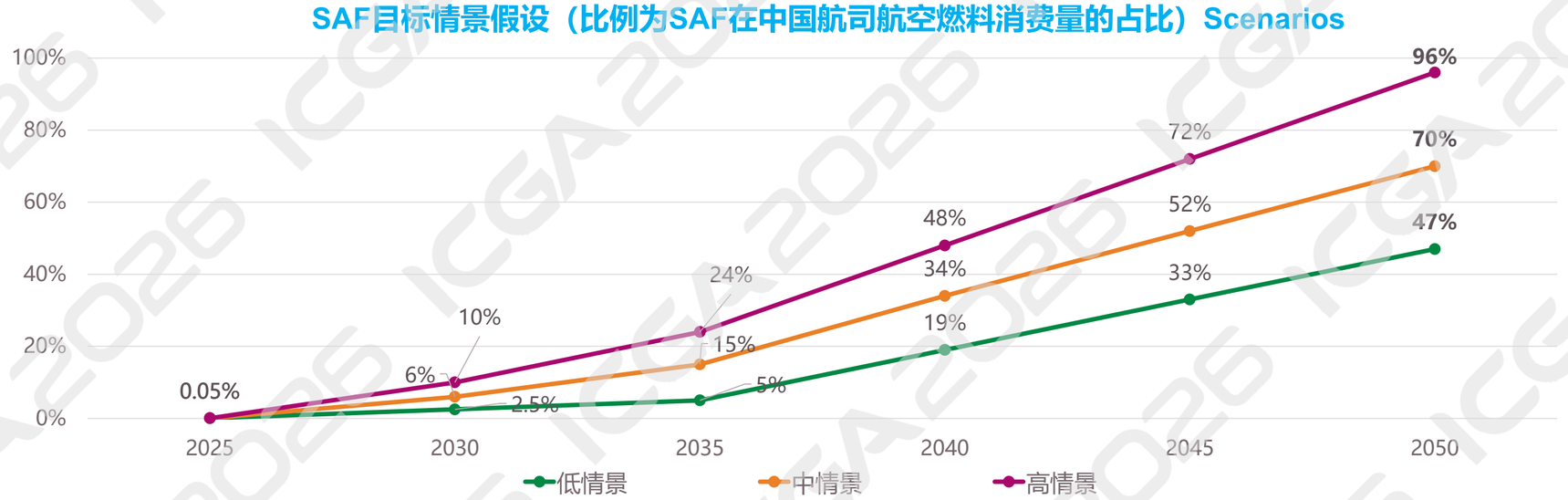


2026年11月

薛露露

不同SAF推广目标下，2025-2050年对国内各利益相关方会产生哪些影响？
What are the impacts from SAF promotion in China on different stakeholders

- 未来中国SAF市场可以发展到多大规模？不同SAF推广规模/目标情景对各利益相关方带来哪些影响？哪些目标情景能实现更优的权衡？



需求侧 Demand side

航空公司Airlines

- SAF推广会给航空公司带来多少燃料成本的增长?

乘客或企业 Passengers

- SAF推广会给乘客带来多少机票价格的增长?

供给侧 Supply side

生物原料与土地利用部门 Biomass and land use

- 国内生物质资源是否足够SAF推广目标的实现?

排放 Emissions

航空碳排放 Aviation emissions

- SAF推广可以产生多少碳减排量?

WORLD RESOURCES INSTITUTE

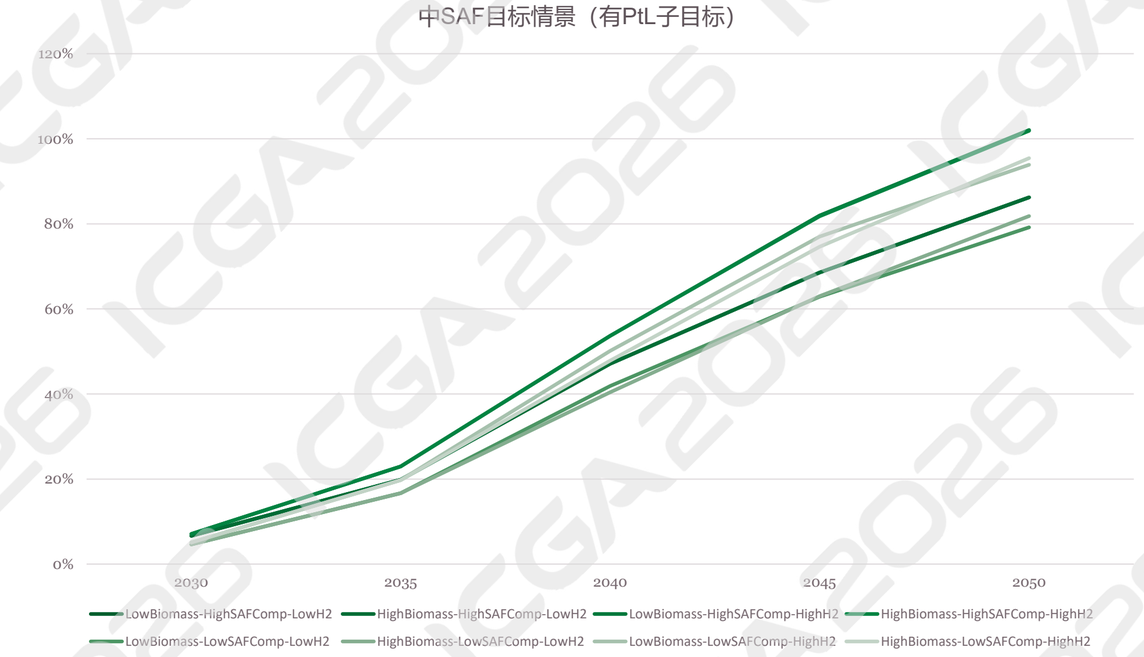
影响一. SAF推广对乘客机票价格的影响程度低于对航空公司燃料成本的影响
The cost increases for passenger airfares are less significant than for fuel costs

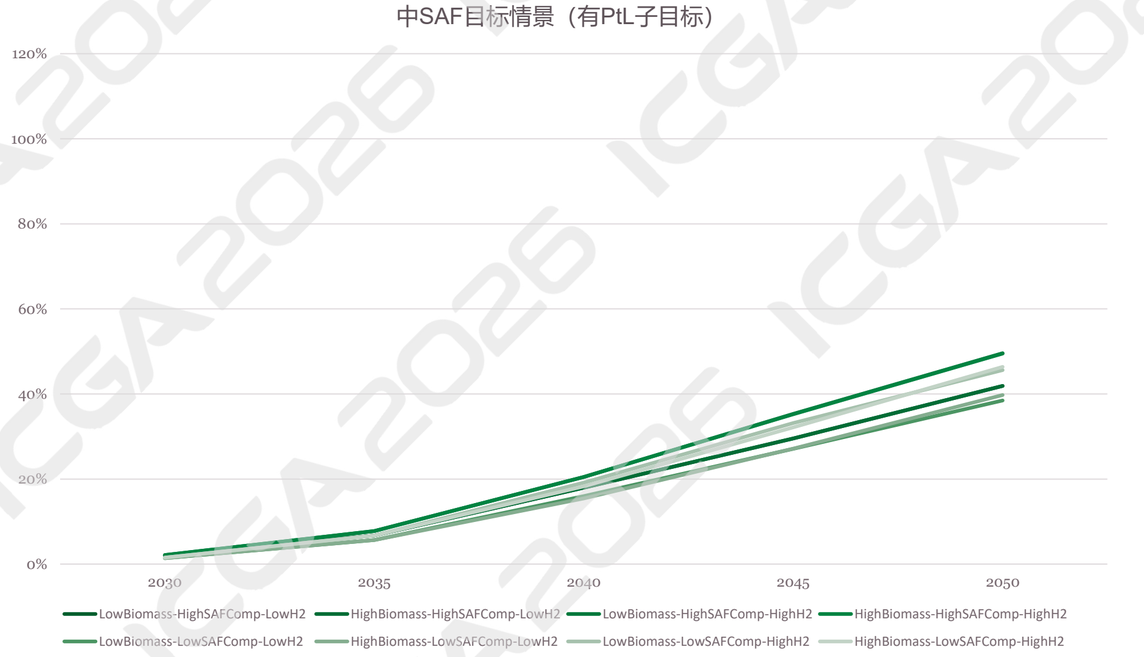
无碳价时，航空公司的燃料成本增幅（SAF混合燃料相对于传统航煤的增幅）

	情景	2030	2035	2040	2045	2050
无碳价	低SAF目标情景	1%-3%	3%-6%	19%-29%	38%-51%	53%-69%
	中SAF目标情景	3%-7%	14%-23%	39%-54%	63%-84%	79%-107%
	高SAF目标情景	8%-14%	25%-39%	59%-78%	88%-120%	109%-151%

无碳价时，乘客的机票价格涨幅（SAF混合燃料相对于传统航煤的增幅）

	情景	2030	2035	2040	2045	2050
无碳价	低SAF目标情景	0%-1%	1%-2%	7%-11%	16%-22%	26%-34%
	中SAF目标情景	1%-2%	5%-8%	15%-20%	27%-36%	38%-52%
	高SAF目标情景	3%-4%	9%-13%	22%-30%	38%-52%	53%-74%





说明：假设燃油成本增幅完全转嫁给乘客。
来源：WRI (2026)

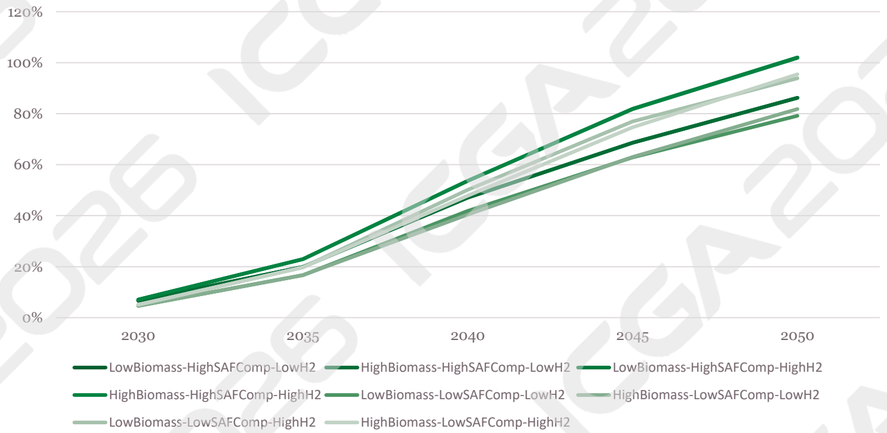
影响一. 针对传统航煤的碳价，可降低SAF推广带来的相对成本压力

Carbon pricing is instrumental to reduce the relative cost increases from SAF adoption

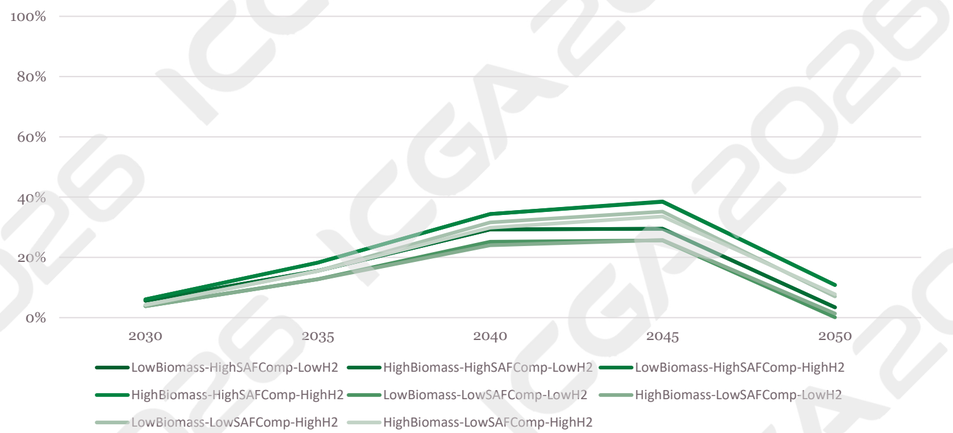
- **针对传统航煤施加碳价，会显著提升传统航煤的成本，从而缩小传统航煤和SAF之间的成本差。**2°C碳价情景下，2035年至2050年碳价220-1700元/吨CO2（2025年不变价），SAF推广带来的相对成本增幅较低。

航空公司的燃料成本增幅

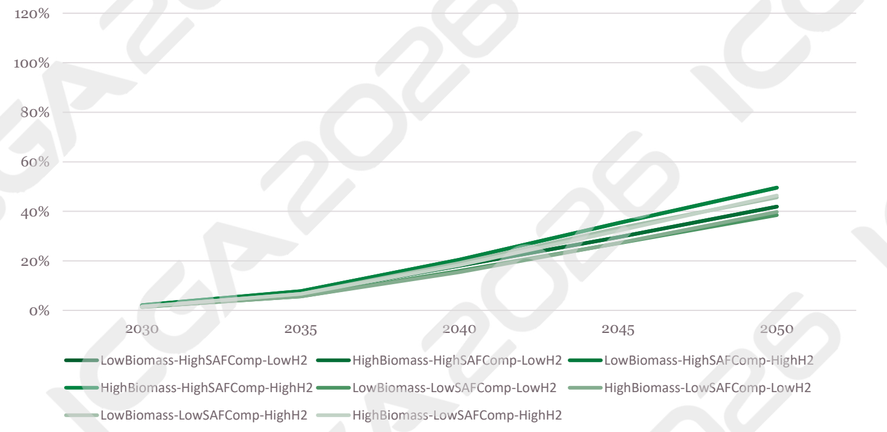
无碳价时

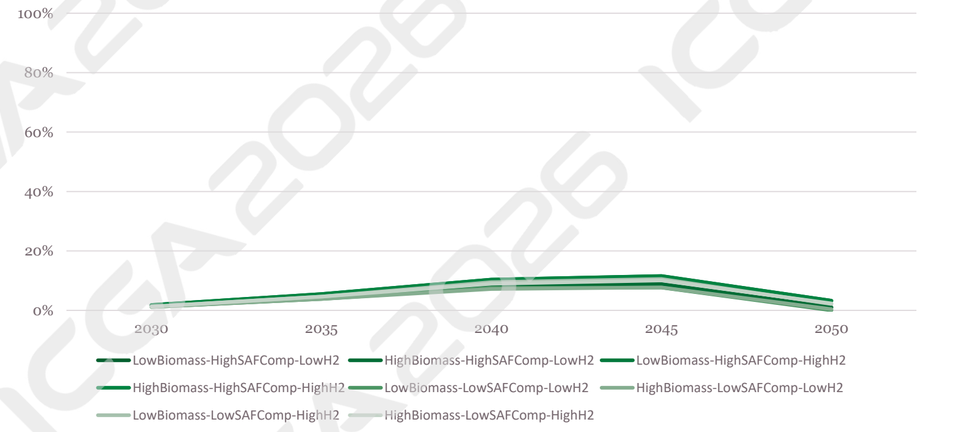


2度碳价时



乘客的机票价格增幅





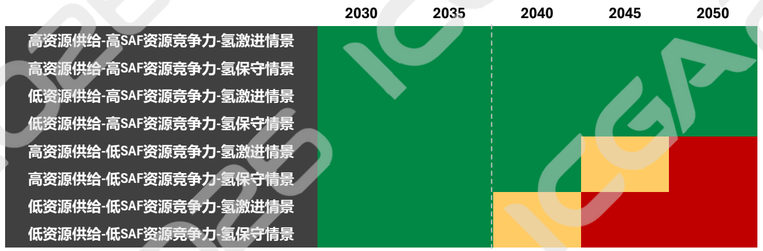
说明：图中为中等SAF目标情景（有PtL子目标）

WORLD RESOURCES INSTITUTE

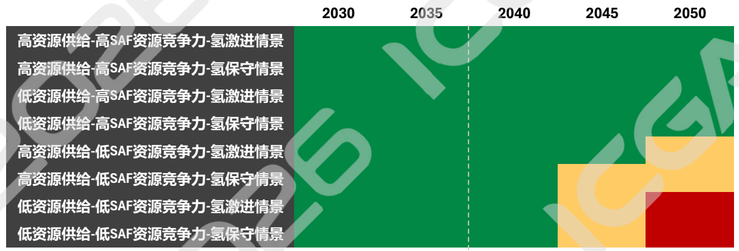
影响二. SAF不出口的情况下，SAF推广可能在2040年左右达到生物质资源瓶颈，特别是在高SAF目标且无PtL（电制SAF）子目标的情景 Without SAF export, biomass constraints would emerge around 2040 under High SAF promotion scenarios.

不出口情况下，2030年至2050年各情景的生物质约束

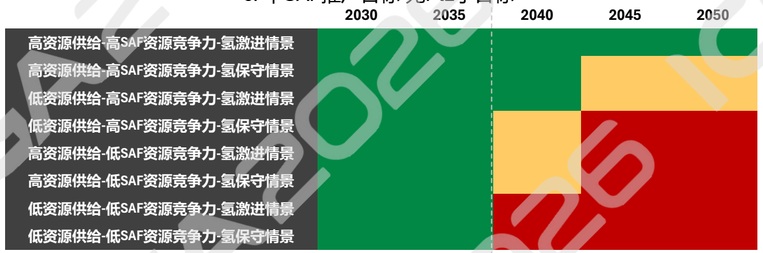
a. 低SAF推广目标-无PtL子目标



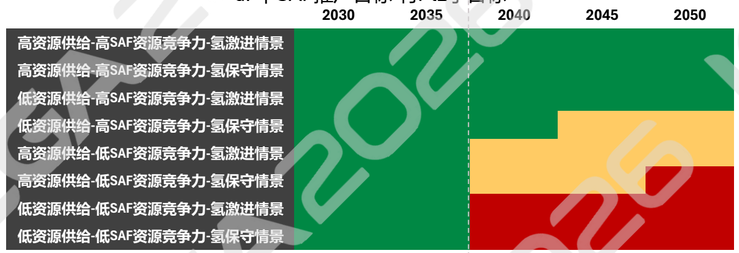
b. 低SAF推广目标-有PtL子目标



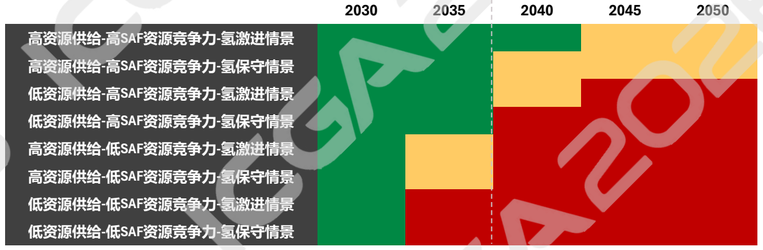
c. 中SAF推广目标-无PtL子目标



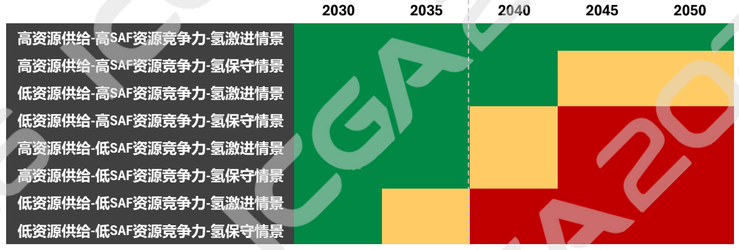
d. 中SAF推广目标-有PtL子目标



e. 高SAF推广目标-无PtL子目标



f. 高SAF推广目标-有PtL子目标



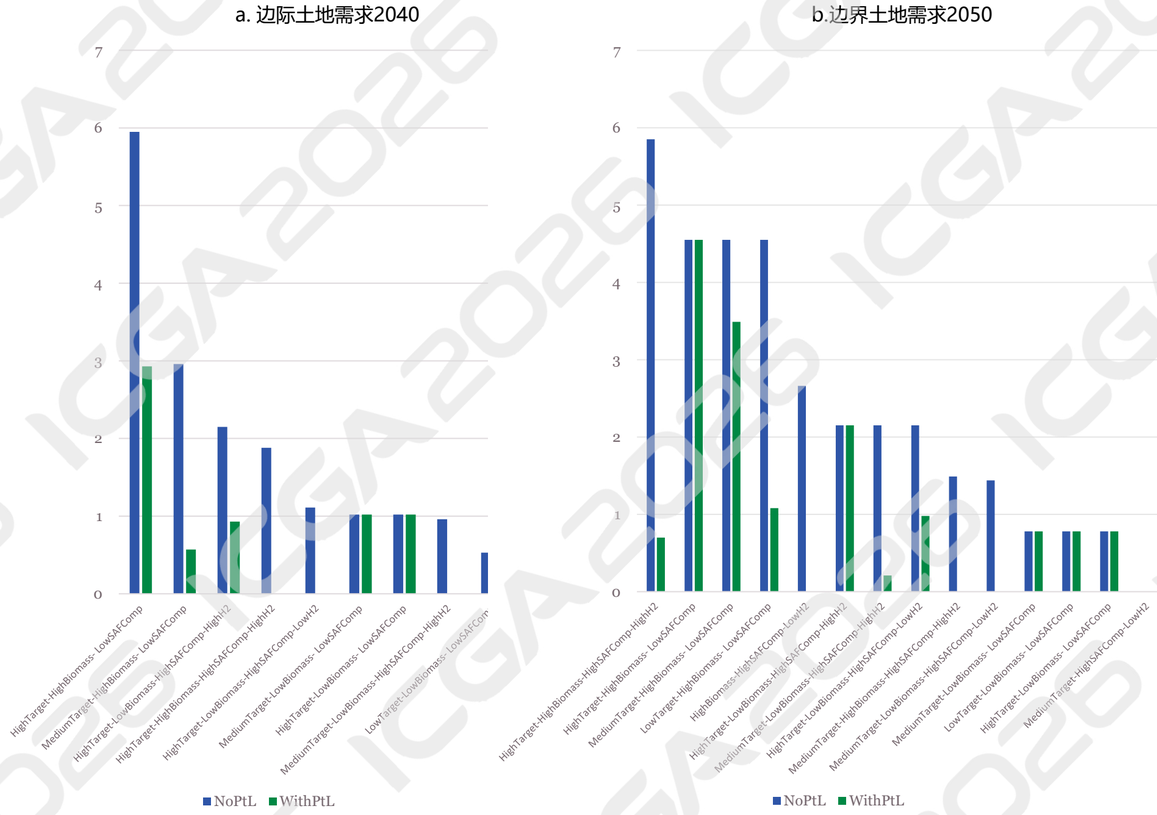


WORLD RESOURCES INSTITUTE

影响二. 至2040年，约半数情景需依赖能源作物种植，可能引发显著土地利用变化，并影响生态环境以及抑制电制SAF推广 By 2040, half scenarios would rely on energy crops grown on marginal land that would affect ecological environment and e-SAF promotion.

- 到2040年，约一半的情景需要植能源作物，边际土地面积需求最大达595万公顷，约为宁夏面积。**大面积边际土地用于种植能源作物，不仅影响生态环境（生物多样性、水资源保护、土壤碳储量），也不利于电制SAF推广。**

2040年至2050年各情景种植能源作物所需的边际土地面积（百万公顷）

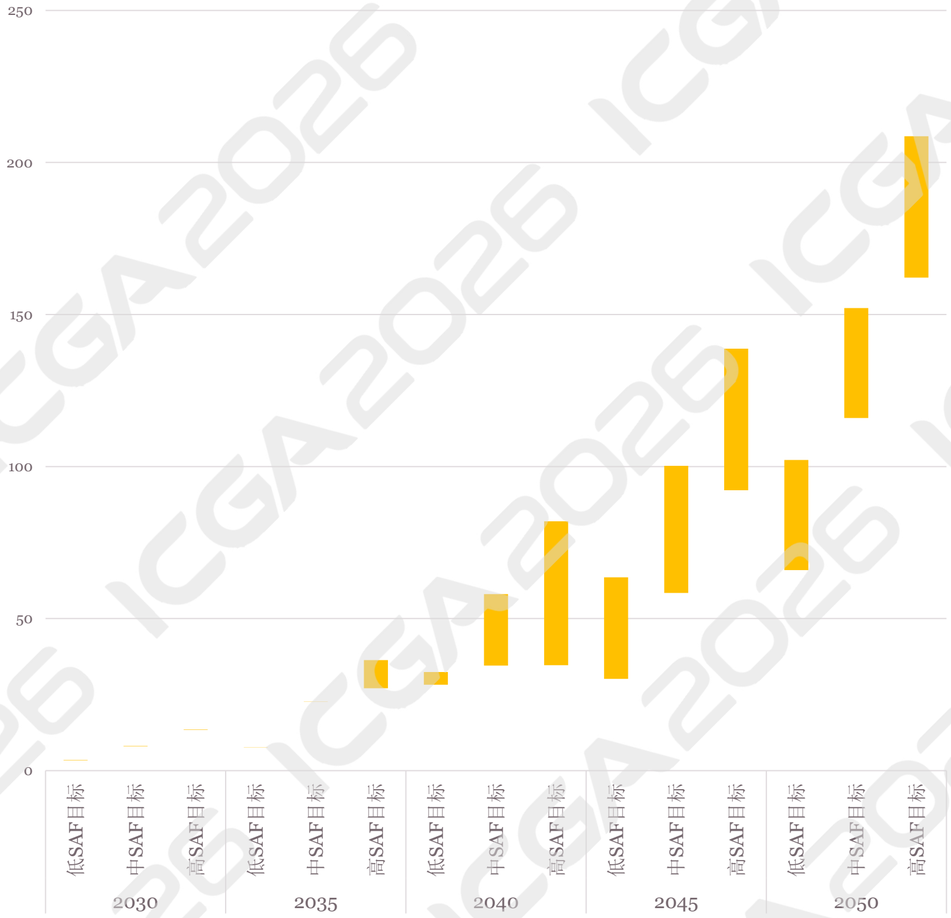


2045年不同情景下SAF技术路线占比

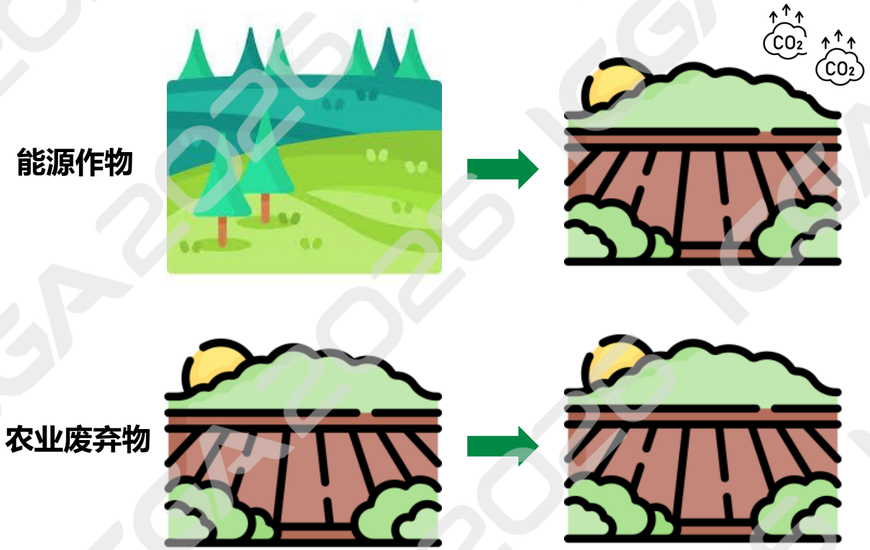


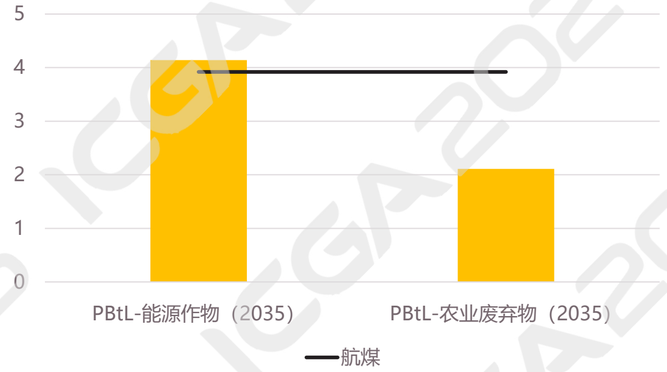
影响四. SAF目标高、推广量大未必带来更高的航空碳减排，特别是受能源作物种植与土地利用变化影响 Large SAF promotion does not necessarily lead to emission reductions.

按SAF目标情景划分的2030-2050年碳减排幅度（百万吨二氧化碳）



企业级温室气体核算方法下
PBtL全生命周期碳排放强度（kgCO2/kg航油）







总结：中等SAF目标叠加PtL子目标，具有更优的综合可持续性表现 Medium level SAF promotion would result in better sustainability performances

- **中等SAF目标配合PtL子目标的情景可能会带来更高的可持续性表现。**高SAF目标情景在大多数维度上都存在显著的可持续性风险，而低SAF目标情景则导致最低的碳减排量和有限的电制SAF（PtL）推广。

低、中、高SAF推广目标以及有无PtL子目标情景下，各情景可持续性影响比较

情景		生物质资源限制	边际土地面积需求 2025-2050 (百万公顷)	累计SAF项目资本需求 2025-2050 (十亿元)	PBtL的基础设施锁定	航空公司燃料成本增幅(2045)	乘客机票价格增幅(2045)	航空碳减排量2045 (Mt)	PtL在SAF中占比 (2045)
低SAF目标	无PtL子目标	4 个情景在2045-2050面临限制	0-4.55	3.3-3.9	2个 情景2050	15%-24%	5%-7%	30.2-63.6 (11%-23%)	0%-49%
	有PtL子目标	2个情景在2050面临限制	0-1.08	3.7-3.9	2 个情景2050	15%-24%	4%-7%	55.4-63.6 (20%-23%)	36%-61%
中SAF目标	无PtL子目标	5 个情景在2040-2050面临限制	0-5.25	5.1-6.3	4个情景2050	26%-40%	8%-12%	58.4-100.2 (21%-36%)	21%-67%
	有PtL子目标	3 个情景在 2040-2050面临限制	0-4.55	5.7-6.3	3个情景2050	26%-39%	8%-12%	66.0-100.2 (25%-36%)	36%-67%
高SAF目标	无PtL子目标	6 个情景在2035-2050面临限制	1.02-5.95	7.1-8.9	4个情景2050	36%-58%	11%-17%	92.2-131.6 (34%-48%)	20%-76%
	有PtL子目标	5 个情景在2040-2050面临限制	0-5.25	7.9-9.0	4个情景2050	36%-55%	11%-17%	97.0-138.8 (35%-50%)	47%-76%

WORLD RESOURCES INSTITUTE

总结：SAF规模化推广的时点取决于PtL成本下降进程，同时需约束边际土地能源作物扩张
Large SAF promotion would be aligned with dropping costs of PtL and growth of energy crops on marginal land should be managed.

- **第一，大规模SAF推广的时间应与PtL成本竞争力的时点相一致。**绿氢价格较低（LowH2）的情景，通常有更好的可持续性表现，如成本负担较低，生物质依赖低，更高水平的PtL推广。
- **第二，在PtL具备成本竞争力之前，应考虑保障农林废弃物的原料供应。**当农林废弃物资源量不足时，较高的SAF推广目标需要通过能源作物和成本高昂的PtL来实现，从而影响各方面可持续性表现。
- **第三，有必要对边际土地开发及能源作物种植规模进行约束：**允许大面积边际土地种植能源作物，既影响碳减排效果，也会影响生态环境保护（水资源保护、生物多样性），更抑制PtL技术路线的推广。

中等SAF推广目标+PtL子目标情景下，各子情景可持续性影响比较

情景	生物质资源限制	边际土地面积需求 2025-2050（百万公顷）	累计SAF项目资本需求2025-2050（十亿元）	PBtL的基础设施锁定（因生物质短缺带来闲置产能）	航空公司燃料成本增幅（2045）	乘客机票价格增幅（2045）	航空碳减排量2045 (Mt)	PtL在SAF中占比 (2045)
HighBiomass-HighSAFComp-LowH2	无	0	6.0	无锁定	30%	9%	100.2 (36%)	59%
HighBiomass-HighSAFComp-HighH2	无	0	5.7	无锁定	38%	12%	100.2 (36%)	47%
LowBiomass-HighSAFComp-LowH2	无	0	6.0	无锁定	30%	9%	100.2 (36%)	59%
LowBiomass-HighSAFComp-HighH2	农林废弃物从2045起	0.21	5.7	无锁定	39%	12%	98.5 (36%)	47%
HighBiomass-LowSAFComp-LowH2	农林废弃物从2040起	3.49	5.9	无锁定	26%	8%	80.7 (29%)	49%
HighBiomass-LowSAFComp-HighH2	农林废弃物从2040起，能源作物2050	4.55	5.7	2050: 0.7Mtoe	34%	10%	66.0 (25%)	36%
LowBiomass-LowSAFComp-LowH2	农林废弃物和能源作物从2040起	1.02	6.3	2045: 1.2 Mtoe 2050: 2.5Mtoe	26%	8%	93.0 (34%)	67%
LowBiomass-LowSAFComp-HighH2	农林废弃物和能源作物从2040起	1.02	6.3	2045: 1.2Mtoe 2050: 2.5Mtoe	35%	11%	93.0 (34%)	67%

WORLD RESOURCES INSTITUTE

感谢&
欢迎指正！