



基于生物质燃煤掺烧的挑战及供应链分析

报告人: 吴玉新, 副教授

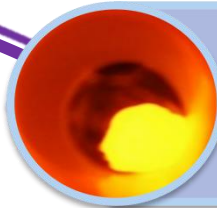
2022年4月23日

wuyx09@mail.tsinghua.edu.cn

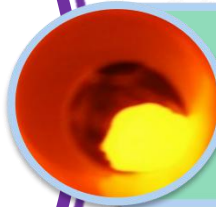
清华大学 能源与动力工程系, 热科学与动力工程教育部重点实验室北京, 100084



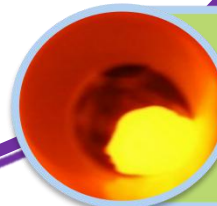
概要



燃煤电厂掺烧生物质综述



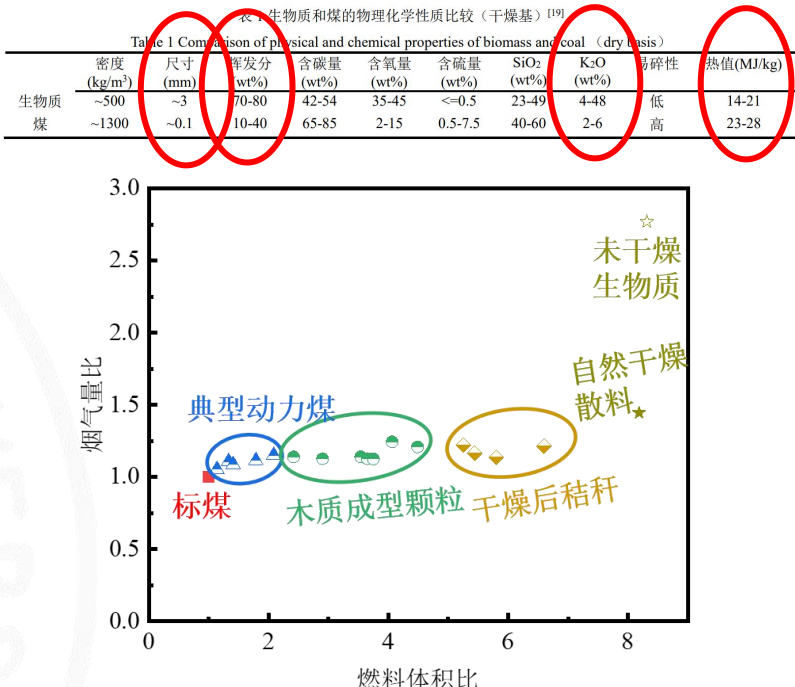
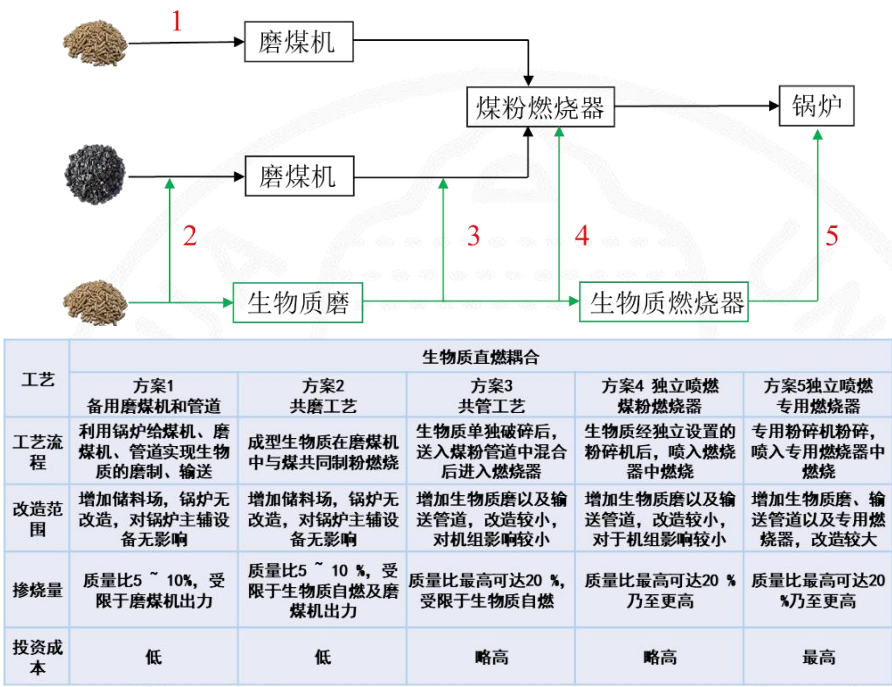
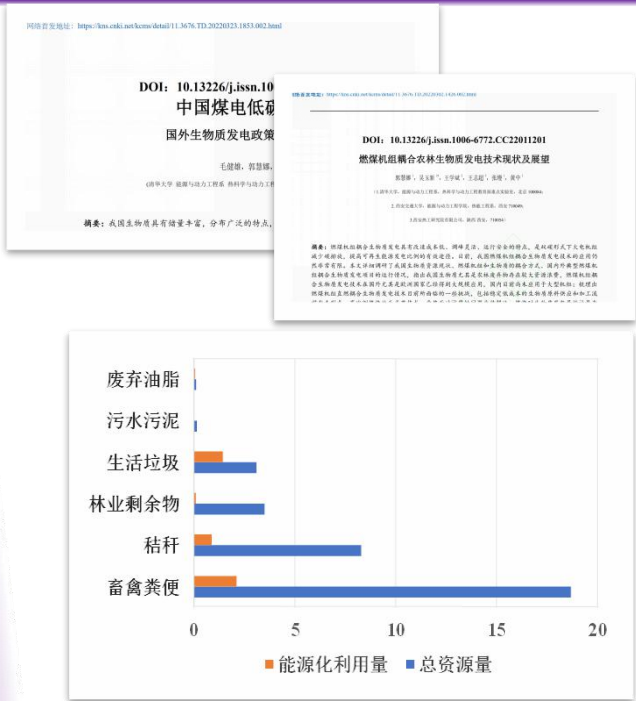
基于能源生物质场景下的供应链分析



结论及开放性问题



我国生物质利用现状



我国生物质资源量和能源化利用量现状 (亿吨) [1]

燃煤生物质耦合技术路径

生物质特性在燃煤机组改造中的影响

- 我国生物质资源及利用现状：资源量**较大**，利用率**低**，技术路径**不成熟**。
- 不同的改造技术各有优势，适应场景不同。
- 什么样的场景更适合生物质与燃煤机组的耦合？
- 单位体积热值基准对于生物质经济性评估及电厂适应性改造评估具有重要意义[2]。

[1] 3060零碳生物质能发展潜力蓝皮书 [R]. 北京: 中国产业发展促进会生物质能产业分会, 2021.
[2]. 范翼麟, 王志超, 王一坤, 等. 碳税交易下的典型生物质混烧技术经济分析 [J]. 洁净煤技术, 2021, 27(4): 111-116.



燃煤电厂生物质掺烧挑战

国外：在有利政策的加持下，对燃煤机组实现高达 100%的生物质燃料耦合比例是完成可行的。

国内：燃用生物质以秸秆等**草本生物质为主**，对生物质直燃的掺混比例提出挑战；装置整体呈现**小而散**的特点，单台机组的规模通常在 100 MW 以下，生物质**利用效率较低**，分布地区分散，在大型燃煤电站锅炉上应用较少。

我国生物质利用存在以下挑战：

- ① **政策运营挑战：**生物质分布分散，来源和价格不稳定，国家政策变动，难以形成可复制、可传播的生物质供应链和生产模式。
- ② **高比例掺烧技术挑战：**缺乏应对生物质来源不稳的高效、灵活大比例上料、掺烧和运行技术；缺乏生物质掺混比例在线监测技术；

表 3 国外典型生物质耦合发电机组应用情况
Table 3 Application of biomass co-firing in typical foreign power plants

电厂	时间	机组容量	耦合方式	生物质燃料	热量混燃比	特点
荷兰 Maasvlakte	2019	1100 MW 远超临界	直燃耦合	污水污泥为主，木屑颗粒	15 % -30 %	单独的锤磨机中粉碎，送入煤粉管道，一起燃烧，同时设置 CO2 捕集装置实现深度减排
荷兰 Epon ^[8]	1994	600 MW	直燃耦合	木屑颗粒	4.5 - 15 %	采用生物质专用粉碎机和燃烧器，改造大
芬兰 Kymijarvi ^[34]	1998	24 MW	BFB 间接耦合	木质生物质，垃圾回收燃料	15 % - 30 %	常压空气气化，FW CFB 气化器
芬兰 Vas-kiluoto	2014	560 MW	BFB 间接耦合	木质生物质	25 %	常压空气气化，Valmet CFB 气化器，800 ~ 900℃
英国 Tibury	2004	750 MW	PC 直燃耦合	棕榈壳为主	100 %	采用生物质锤磨机和专用燃烧器
英国 Fiddles Ferry	2005	4*500 MW	PC 直燃耦合	橄榄壳、成型木质颗粒	20 %	采用生物质锤磨机和专用燃烧器
英国 Drax ^[35]	2018	4*660 MW	PC 直燃耦合	林木，木材	100 %	采用生物质锤磨机，和煤共用燃烧器
丹麦 Studstrup	2016	150 MW	直燃耦合	木颗粒	20 %	采用生物质锤磨机，专用燃烧器
丹麦 Avedore ^[6]	2016	2*430 MW	并联耦合	木屑颗粒和秸秆	100 %	采用独立的生物质气化炉和燃烧炉

[1] 3060零碳生物质能发展潜力蓝皮书 [R]. 北京: 中国产业发展促进会生物质能产业分会, 2021.



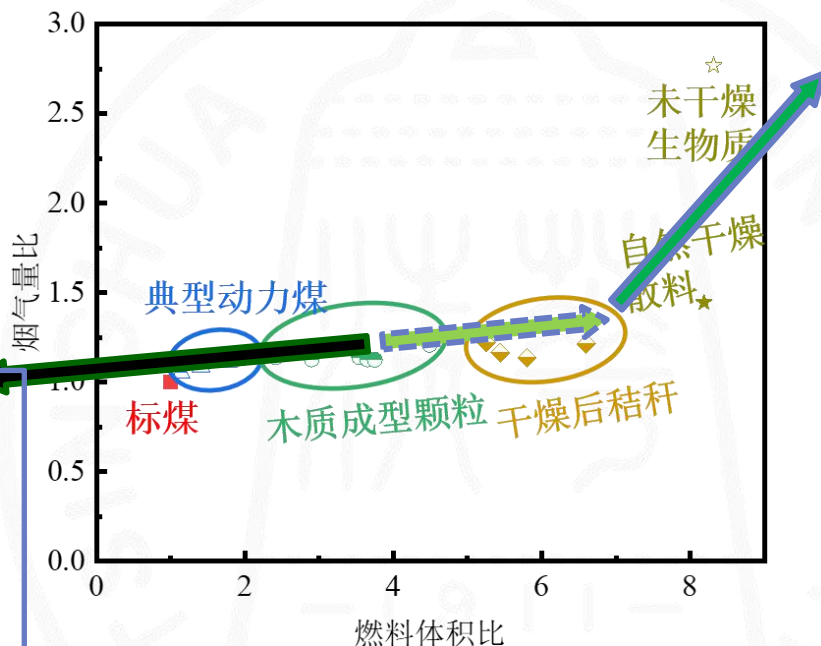
燃煤电厂生物质掺烧场景分析

什么样的场景更适合生物质与燃煤机组的耦合？

- 生物质装置投资大；
- 收集成本相对较高；
- 热值高，烟气量小；
- 电站改造投资少；
- 掺混比例高/宽；
- 远距离输送经济；

- 适于高/宽比例生物质掺烧；
- 生物质成型、干燥技术？
- 宽比率掺混比燃烧技术？
- 生物质高效清洁利用技术？
- 灰渣防控、利用技术？

- 生物质来源？供应链如何建立？
- 可满足碳减排需求，对标新能源+储能。
- 生物质降碳效果随着煤电规模缩减将边际递减^[1]，“等不得！”
- 应在新能源+储能场景下开展经济性分析，而非对标现有煤电！



- 生物质装置简单，收集成本低；
- 单位体积热值低，烟气量大；
- 电厂改造量大，掺混比例低；
- 远距离运输不经济；

- 适于较低比例生物质掺混发电；
- 生物质掺混/发电比例核定技术？
- 不稳定生物质来源的适应性燃烧技术？
- 如何界定碳减排并建立补贴机制？

- 与已有的当地生物质利用系统抢夺生物质资源；能否 PK 过生物质气化、发酵、供热、生物炭等利用技术？
- 是否满足碳减排需求？如何定位？
- 能否在无补贴条件下具备经济性？

[1] 蔡闻佳，行业碳中和施工图研究——以中国煤电厂生物质混燃改造为例，2022.

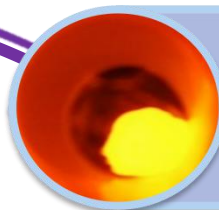


燃煤电厂生物质掺烧场景综述

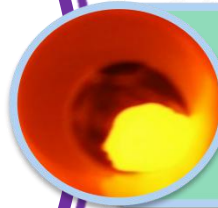
- 当前研究多基于**以煤为主体，生物质为辅**的场景，无法解决燃煤发电CO₂减排的根本问题，难以获得补贴，其经济性和社会效益潜力不足，该场景下，**生物质就地利用技术具有较强竞争力**。
- 发展生物质大比例掺烧发电技术的内在逻辑在于：**可满足未来CO₂减排、电气化发展和电力结构转型的内在需求**。关键在于保障生物质品质和来源的稳定性，核心在于生物质供应链的建立。
- 建立生物质供应链的经济性分析应**与未来新能源+储能技术对标**，与氢能、氨燃烧技术对标。



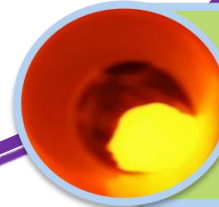
概要



燃煤电厂掺烧生物质综述



基于能源生物质场景下的供应链分析



结论及开放性问题



能源生物质——why?

该场景下，生物质供应链的建立，其经济性应**与未来新能源+储能技术对标**。

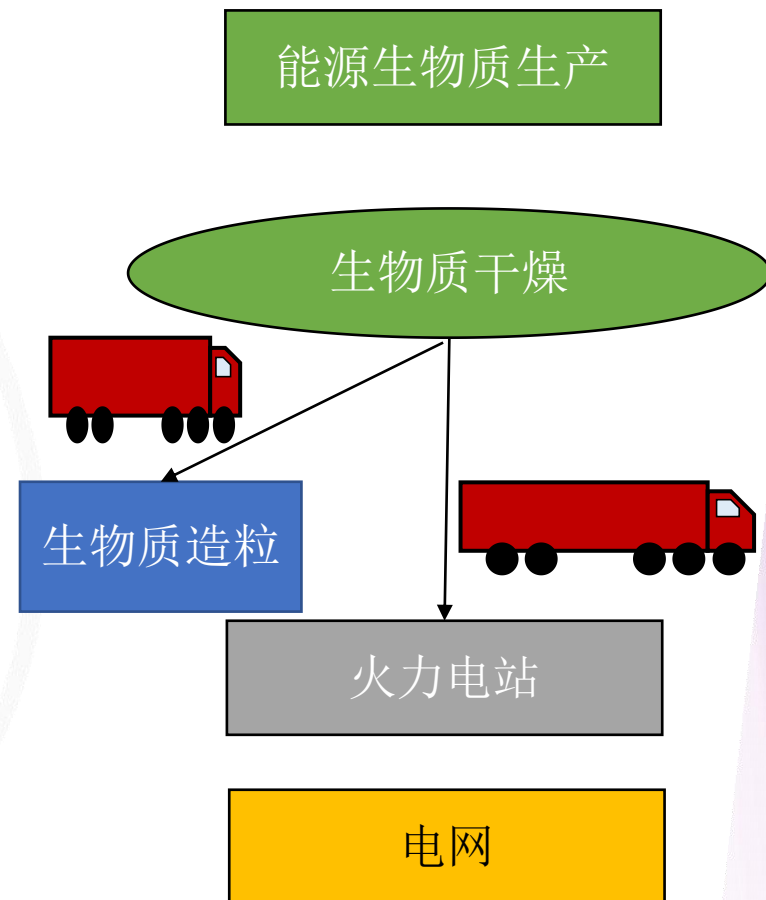
- 能源生物质是一种零碳资源，可在边际土地种植。
- 能源生物质可保证建立稳定的生物质供应链，满足碳减排需求。
- 能源生物质对于乡村振兴、构建新型电力系统具有重要意义，是未来的**绿色煤矿**。
- 现有生物质能资源总量是否足够？单位面积的生物质能量密度是否足够？
——能源生物质发展的优势。
- 未来电力生产对生物质发电的潜在需求？——品质及供应稳定



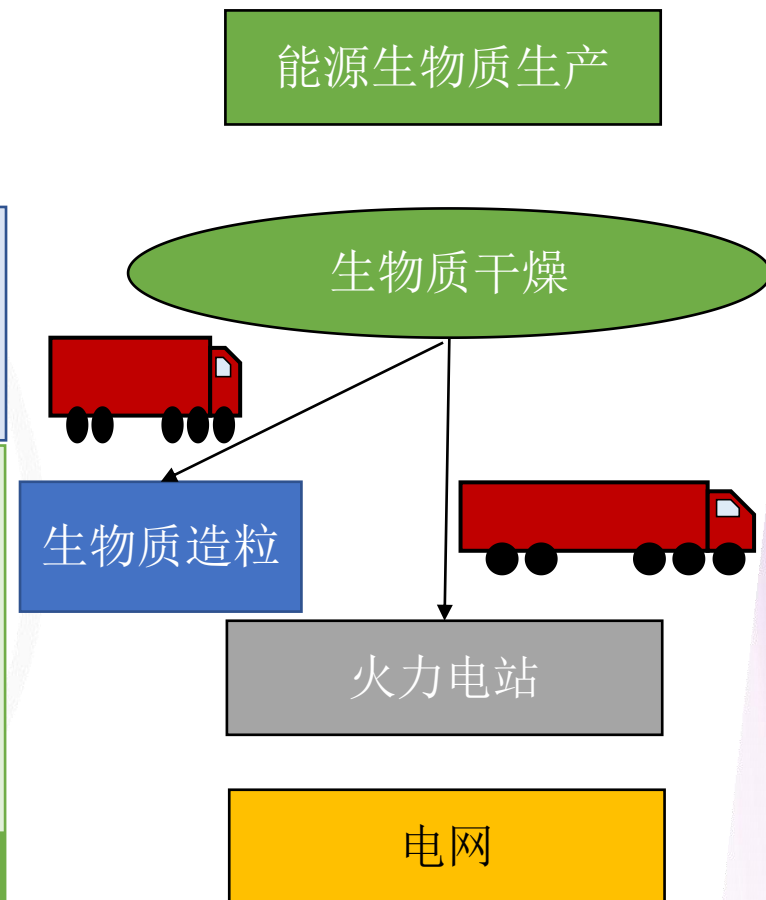
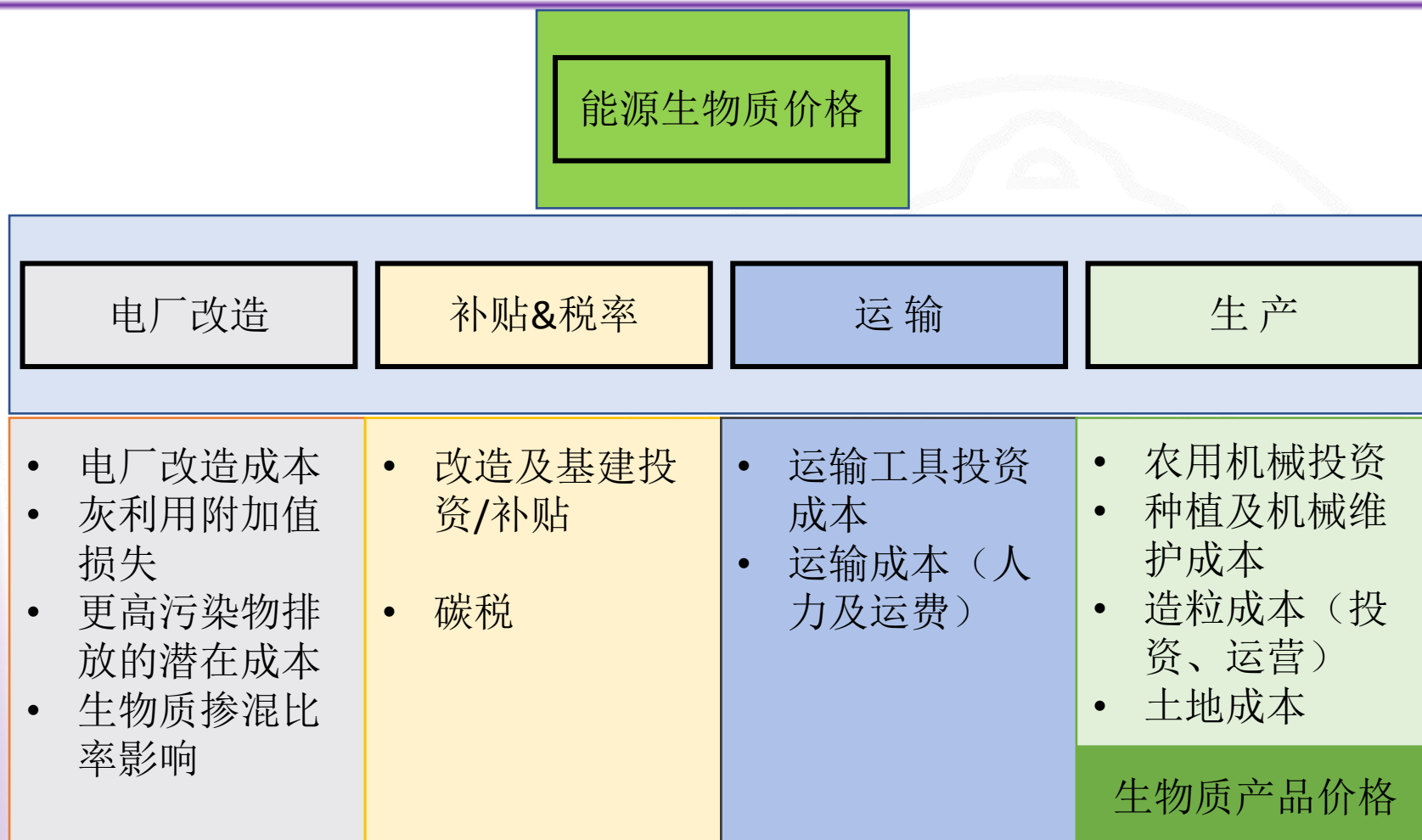
能源生物质场景下的供应链分析

基本假定：

- ① 能源生物质以干燥压缩后的生物质颗粒为主体研究对象。
- ② 生物质价格上限根据电力价格确定，生物质价格以单位热值价格为基础。
- ③ 生物质成本由土地成本、生物质种植成本、造粒成本、运输成本构成。
- ④ 电厂因燃用生物质导致的效率降低和改造成本以影响参数的方式进行分析。

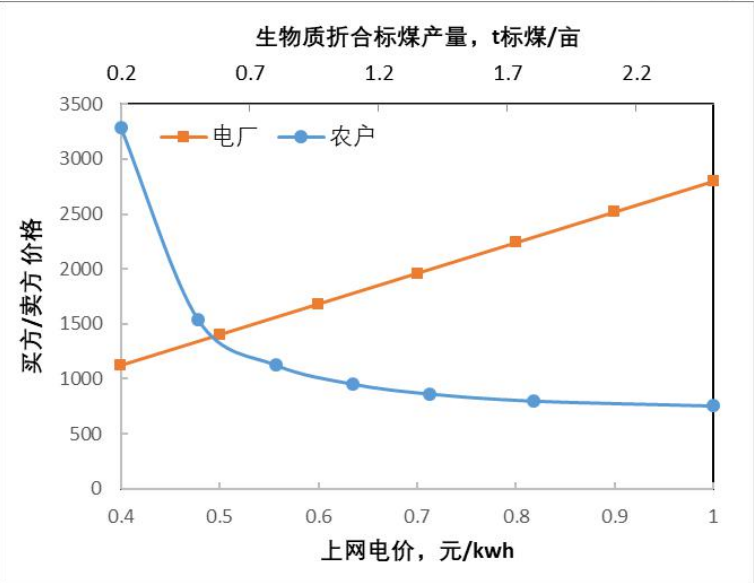


能源生物质场景下的供应链分析



能源生物质场景下的供应链分析

		平均	超级芦竹	玉蜀黍	甜高粱	大芒	Amur 芦荻	Sida	苜蓿-提摩西草
原始收获量	t/公顷/年	52.67		70.30	66.56	60.26	35.30	25.45	58.14
收到基热值	MJ/kg	5.92		5.76	4.13	7.77	7.92	6.01	3.94
干燥重量	t/公顷/年	16.72	>75	22.70	15.77	25.32	15.26	8.21	13.06
干基热值	MJ/kg	12.60	~15	12.45	12.17	12.91	12.79	13.01	12.25
能量产出	t标煤/公顷/年	7.26	38.79	9.75	6.62	11.27	6.73	3.68	5.52
折合每亩标煤产量		0.48	2.59	0.65	0.44	0.75	0.45	0.25	0.37



初步判断:

- ① 能源生物质发展的决定性因素是单位亩产热值能力。
- ② 未来电站燃用生物质的决定性因素是上网电价。
- ③ 初步核算表明, 基于现有技术的发展, 存在盈利区间, 生物质供应链建立的前提是可行的。



能源生物质场景下的供应链分析

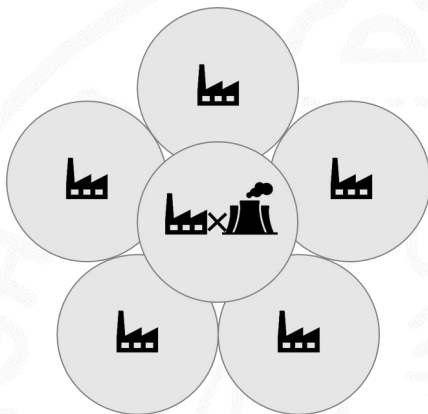
场景1

小电厂+小生物质供应



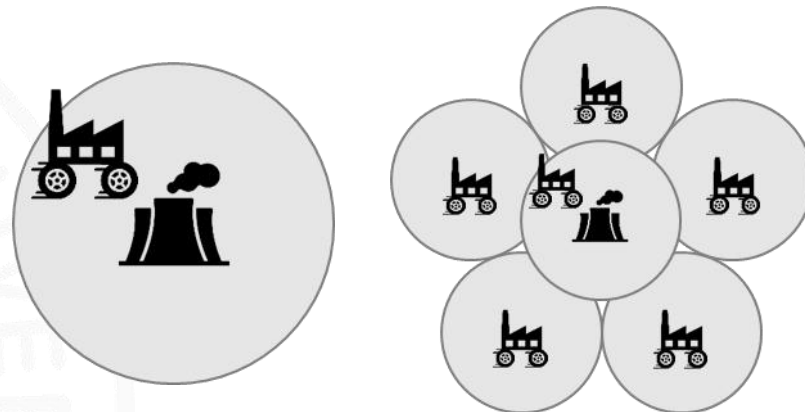
场景2

大电厂+周边生物质供应



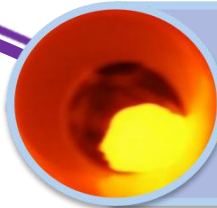
场景3

大电厂+周边车载式生物质供应

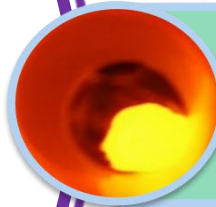


在不同电厂掺混生物质模式下估算生物质供应链成本
车载式生物质造粒/干燥具有最佳的供应链经济性

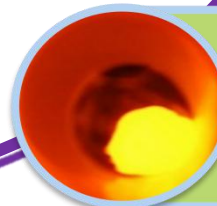
概要



燃煤电厂掺烧生物质综述



基于能源生物质场景下的供应链分析



结论及开放性问题



结论及开放性问题

1. 燃煤生物质发电已被证明是可行的低碳发电路径，但在我国的发展仍面临经济、政策和技术上的挑战。
2. 燃煤生物质发电适用的两个场景包括：就地小容量、低比例掺烧场景和基于能源生物物质的高/宽比例掺烧场景，后者的关键在于生物质供应链的建立，其经济性应与未来新能源+储能技术对标。
3. 未来生物质掺烧的技术需求在于发展高/宽比例的灵活性燃烧技术、纯燃生物质灰渣防控技术、以及生物质掺混比例监测技术。
4. 在能源生物质为基础的场景下，决定供应链的关键参数是单位亩产的热值以及上网电价，现有数据表明供应链存在建立的基础，未来有很好的发展前景。
5. 未来将在不同电厂掺烧生物质场景下开展经济性分析





感谢聆听，欢迎提问！

