



错误的激励：

中国生活垃圾焚烧发电与可再生能源电力补贴研究

REEI

Independence and Justice for Sustainability

磐石环境与能源研究所

北京 | 2016.07 (第二版)

磐石简介：

磐石环境与能源研究所于2012年7月成立于北京，由三位多年关注环境和能源发展问题的专业人士共同创办。我们的研究兴趣集中在气候变化、能源政策、清洁空气、碳市场、新能源技术创新政策和城市垃圾管理等议题。磐石，意味着持久、坚实、公正、有智慧，我们期待磐石环境与能源研究所成为一个追求正义和社会、环境可持续发展的独立的民间智库。

愿景：在程序正义和理性批判的环境决策机制下达成一个更加包容、公正和可持续的社会。

摘要

2014年7月，国家发展和改革委员会发布《国家重点推广的低碳技术目录》征求意见稿，一共列出34项低碳技术。而在“垃圾围城”、低碳减排压力等现实背景下，生活垃圾焚烧发电技术也进入了这份名单。在此之前，由《中华人民共和国可再生能源法》和国家发展和改革委员会出台的若干规范性文件组合而成的可再生能源政策，已将垃圾焚烧发电作为生物质能源发电的一类纳入了可再生能源电力补贴的范围中。但是，我国的垃圾焚烧发电技术是否低碳、清洁和可持续，国家对垃圾焚烧发电的补贴是否合理和高效，是值得关注的问题。

本文通过研究中国可再生能源政策与生活垃圾焚烧发电的关系，可再生能源的概念，垃圾焚烧发电技术在碳排放、清洁性和可持续性方面的表现，以及列举分析垃圾焚烧发电可再生能源补贴的负面影响，总体认为：“生活垃圾”整体而言既不等同于“生物质”，也不等同于“生物质废物”；尽管生活垃圾中确实含有大量生物质，但因受到厨余组分高、含水率高和热值低的影响，其发电贡献率却很低，通常不到1/3。因此，将垃圾焚烧发电简单视为可再生能源发电项目进行全额补贴是非常牵强的。

本文同时认为，即便垃圾焚烧发电一部分确实来自生物质废物燃烧产生的能量，但从能源的可持续性角度考虑，生物质能本身存在可持续性的问题，我国目前尚缺乏精细化的绿色电力认证体系，不利于促进更高效的生物质废物分类循环利用的发展。

此外，在现实中，我国生活垃圾焚烧所引发的环境污染和由此产生的人体健康风险也已经是不争的事实，这使得该技术距离可再生能源应具备清洁性的要求仍然相去甚远。

针对当下关于“垃圾焚烧是否低碳”的社会讨论，本文通过可靠的数据比较分析，得出“生活垃圾焚烧发电不是一种低碳的能源利

用方式”的结论，其理由如下。首先，垃圾焚烧发电相比其他垃圾处理方式吨垃圾二氧化碳排放量位居第二，仅次于厌氧填埋，却是厌氧产沼发电的8倍。其次，垃圾焚烧发电相比其他能源发电技术，每兆瓦时二氧化碳排放量是最高的，达到2.72吨，这一数值不仅远远高于太阳能和风力发电，也高于化石能源发电，包括天然气，燃油，甚至煤炭发电。

尽管最近中央政府出台了一些旨在遏制垃圾焚烧项目通过掺烧化石能源骗取可再生能源补贴的现象，但并没有从根本上解决补贴垃圾焚烧发电与支持可再生能源发电的矛盾，因为即使垃圾焚烧发电不掺烧化石燃料，其获得的电力补贴大部分支持的是非可再生能源的电力生产，明显有悖于补贴政策的初衷。

综上所述，本文建议相关政府部门取消现行可再生能源发展政策中对生活垃圾焚烧发电给予的电价补贴，即目前统一标杆电价高于各地脱硫燃煤机组标杆上网电价的部分，并慎重考虑将垃圾焚烧发电技术列入《国家重点推广的低碳技术目录》的政策制度。

取而代之的正确政策措施有两大方面。一是变电力补贴为处理费支付，进而推动垃圾处理收费制度改革，落实“谁产生、谁付费，多产生、多付费”原则，倒逼垃圾减量及分类循环利用的发展。二是将有限的可再生能源电力补贴投向更有利于减少温室气体排放、更清洁、更可持续的垃圾管理措施给予包括资金补贴在内的各方面支持，例如：建立生产者延伸责任制度、建立能够反映垃圾处理真实成本的收费制度、垃圾分类实践、以及基于分类的垃圾资源化利用技术，特别是生物质废弃物的生化处理再利用。

目录

摘要.....	2
图表目录.....	4
发改委算错垃圾焚烧碳减排的量.....	5
1. 中国可再生能源政策与生活垃圾焚烧发电的关系.....	8
2. 可再生能源的概念.....	10
3. 垃圾焚烧发电缺乏可再生能源发电的低碳、清洁和可持续特征... 13	
3.1. 垃圾焚烧发电不是清洁电力.....	13
3.2. 垃圾焚烧发电在原料的可持续性问题上存在很大问题.....	16
3.3. 垃圾焚烧发电不是一种低碳的能源利用方式.....	16
3.3.1. 垃圾焚烧发电与其他垃圾处理方式碳排放比较.....	16
3.3.2. 垃圾焚烧发电与其他能源技术碳排放比较.....	18
3.3.3. 垃圾焚烧是低效能源.....	19
4. 对垃圾焚烧发电进行可再生能源补贴的负面影响.....	20
4.1. 延续错误的补贴新政.....	20
4.2. 垃圾焚烧发电损益分析.....	20
4.3. 案例：成都洛带垃圾焚烧发电厂.....	22
5. 结论.....	23
附录：生活垃圾焚烧发电碳排放的修正计算.....	24
参考文献.....	25

图表目录

<u>表 1: 《关于完善垃圾焚烧发电价格政策的通知》主要内容</u>	9
<u>表 2: 单位电量垃圾组分的贡献率比较</u>	12
<u>表 3: 生活垃圾焚烧污染问题文献例举</u>	14
<u>表 4: 不同生活垃圾处理方式的碳排放比较</u>	17
<u>表 5: 不同燃料原料在发电过程中的CO₂排放比较</u>	18
<u>表 6: 国内外垃圾组分状况对比</u>	18
<u>表 7: 不同垃圾焚烧技术的处理收费水平</u>	27
<u>表 8: 东亚生活垃圾CF值计算</u>	25
<u>图 1: 生物质能源资源、生物质废物和生活垃圾的概念与关系图示</u>	11
<u>图 2: 反对垃圾焚烧的公众抗议</u>	13
<u>图 3: 成都洛带垃圾焚烧发电厂的成本和收益</u>	22

发改委算错垃圾焚烧“碳减排”的帐

毛达

要点：

- 1、发改委在制定《国家重点推广的低碳技术名录》过程中，错将垃圾焚烧发电相对于化石燃料发电的碳排放“替代量”当成了“减排量”计算，相当于错将减法运算中的“减数”当成了“差”；
- 2、发改委在给民间组织的复函中，没有给出我国垃圾焚烧发电的碳排放量数据，因此无法计算出垃圾焚烧发电替代化石燃料发电可能形成的“碳减排量”，相当于减法运算中缺了“被减数”，所以不能计算出“差”；
- 3、参考IPCC和磐石环境与能源研究所研究报告中关于垃圾焚烧发电的碳排放数据，同时假设垃圾焚烧发电技术的推广如发改委所预测的，到2019年左右，用垃圾焚烧发电替代化石燃料发电不仅不会带来碳减排作用，每年还将产生至少1700万吨的CO₂增量；
- 4、无论单独考虑发电效益还是垃圾处理效益，抑或同时考虑这两种效益，研究表明垃圾焚烧发电较其他众多能源发电技术或垃圾处理方式都是一种“高碳技术”。

2014年8月，国家发改委将生活垃圾焚烧发电技术列入《国家重点推广的低碳技术名录》，并预测在全国范围内推广该技术后

的第五年末，替代化石燃料可形成的年碳减排量为765万吨CO₂。

序号	低碳技术名称	适用范围	主要技术内容	典型项目				目前推广比例 (%)	预计未来5年		
				适用的技术条件	建设规模	投资额 (万元)	减排量 (tCO ₂ /a)		预期推广比例 (%)	总投入 (亿元)	可形成的年碳减排能力 (万吨CO ₂)
13	生活垃圾焚烧发电技术	电力行业生活垃圾处理及能源化利用	通过垃圾焚烧对生活垃圾进行减量化和稳定化处理，将垃圾的内能转化为高品质的热能用于发电，实现了生活垃圾的能源化利用	垃圾收运体系完善，垃圾收运量能满足项目建设要求	日处理生活垃圾1200t	31500	82000	20	30	260	765

发改委在给环保组织宜居广州的一封信息公开答复函（2014年8月21日）中给出了上述碳减排量的计算过程。原文如下：

按照《国家发展改革委关于完善垃圾焚烧发电价格政策的通知》（发改价格[2012]801号）中每吨垃圾上网电量280kWh/t进行计算，垃圾发电项目吨垃圾的减排量为：

$280 \text{ (kWh/吨垃圾)} \times 0.000326 \text{ (吨标煤/kWh)} \times 2.29 \text{ (吨CO}_2\text{/吨标煤)} = \text{约} 0.21 \text{ (吨CO}_2\text{/吨垃圾)}$

其中，0.000326（吨标煤/kWh）为2012年我国供电平均能耗，2.29为吨标煤

CO₂折算系数。

根据《中国城市建设统计年鉴（2012年）》的统计，我国城镇生活垃圾年清运量为2.4亿吨。随着城镇化的发展，预计未来5年，我国生活垃圾总清运量将达到3亿吨，按垃圾焚烧发电技术预计推广比例30%推算，日处理垃圾量约为27万吨。其中，利用该类技术的垃圾处置量约为50%左右，扣除部分国外引进的焚烧设备，初步推算出该技术未来5年垃圾总处置规模将达到10万吨/日，则可形成的年减排能力为：

$0.21 \text{ (吨CO}_2\text{/吨垃圾)} \times 10 \text{ (万吨/日)} \times 365 \text{ (日/年)} = \text{约} 765 \text{ (万吨CO}_2\text{)}$

一、发改委算的是“减排量”吗？

什么是碳减排量？对于发电设施，应是同等发电量下，以碳排放相对少的A技术替代碳排放相对多的B技术而产生的CO₂相对减少量。公式如下：

减排量=A技术排放量-B技术排放量（式1）

注意：如果A技术排放量小于B技术排放量，减排量应该是负值。

如果用垃圾焚烧发电技术替代化石燃料发电并能够形成减排量，意味着前者单位发电碳排放量应低于后者，减排公式如下：

减排量=垃圾焚烧发电排放量-化石燃料发电排放量（式2）

若以发改委所说的1吨垃圾焚烧发电可产生280kWh为比较基准，碳减排量计算应为：

减排量=垃圾焚烧发电排放量（处理1吨垃圾）-0.21吨CO₂（化石燃料发电排放量）（式3）

若以发改委所预计的未来五年可以达到的年垃圾焚烧发电总量为比较基准，碳减排量为：

减排量=垃圾焚烧发电排放量（处理3650万吨垃圾）-765万吨CO₂（化石燃料发电排放量）（式4）

由式3和4可以得出以下几点结论：

（1）发改委错将减法运算中的“减数”当成了“差”。真正的碳减排量是“差”，而非“减数”，发改委计算出来的“减排量”其实应该被称为“替代量”，即同等发电量下，垃圾焚烧发电替代化石燃料发电产生的绝对CO₂排放量。

（2）发改委没有公布“被减数”的数据，即垃圾焚烧发电排放量，所以不能计算出“差”，即减排量是多少。

（3）可以确定的是，现实中如果用垃圾焚烧发电替代化石燃料发电，可以减少的是化石燃料的消耗，但是否会减少碳排放，要看同等发电量下，垃圾焚烧发电排放量是否真的比化石燃料发电排放量低。如果垃圾焚烧发电碳排放高于化石燃料发电，则用前者替代后者，将产生碳增排，而非减排。增排公式形式上与减排公式一样，即：

增排量=垃圾焚烧发电排放量-化石燃料发电排放量（式5）

只不过当被减数大于减数时，作为差的增排量为正值。

二、垃圾焚烧发电替代化石燃料发电产生碳增排

国内鲜有文献报道生活垃圾焚烧发电的实际或估算碳排放量。根据IPCC（政府间气候变化专门委员会）发布的一篇关于温室气体国家排放清单编制实践的指导文献^[1]，焚烧1吨生活垃圾CO₂排放量在0.7-1.2吨之间。此数值明显高于发改委估算的相应发电量下化石燃料发电的碳排放量，说明若由垃圾焚烧发电替代化石燃料发电，结果将产生碳增排。将相关数据代入式5，得出增排量为0.49-0.99吨CO₂。若生活垃圾垃圾焚烧技术推广效果如发改委所预测的，相对于化石燃料发电，年碳增排量为1788.5-3613.5万吨CO₂。

国内独立环境研究智库磐石环境与能源研究所根据IPCC《国家温室气体排放清单指南（2006）》中关于东亚生活垃圾各组分可燃碳含量的缺省数据，计算得出东亚生活垃圾可燃碳的质量含量为26.14%，再根据清华大学李欢等人提供的生活垃圾焚烧发电碳排放计算公式，得出焚烧1吨生活垃圾CO₂排放量为0.815吨，^[2]同样明显高于发改委估算的相应发电量下化石燃料发电的碳排放量。将此数值代入式5，得出增排量为0.605吨CO₂，相对应的年增排量为2208.25吨CO₂。

三、垃圾焚烧是地地道道的高碳技术

处理垃圾和发电产能是垃圾焚烧发电技术同时兼具的两种不同功能。若仅论发电产能的低碳技术，上文计算结果显示：焚烧发电显然不及化石燃料发电，完全可以称为是一种“高碳技术”。磐石环境与能源研究所曾在其研究报告中给出不同能源形式发电的碳排放表现（表一），结论更加一目了然。

表一：不同能源形式发电的碳排放比较^[2]

tCO ₂ /MWh	美国			中国		
	非生物来源	生物来源	总计	非生物来源	生物来源	总计
天然气	0.51	0	0.51	0.37	0	0.37
燃油	0.76	0	0.76	0.52	0	0.52
煤炭	1.02	0	1.02	0.79	0	0.79
生活垃圾焚烧	0.45	0.90	1.35	1.26 ^a	1.46 ^a	2.72 ^b
太阳能、风能	0	0	0	0	0	0

若论垃圾管理领域的低碳技术，化石燃料发电技术因不处理垃圾，不能作为比较的对象。磐石环境与研究所根据IPCC《国家温室气体排放清单指南（2006）》中关于东亚生活垃圾各组分可燃碳含量的缺省数据，

以及李欢等提供的计算方法，估算出六种不同生活垃圾处理技术在替代目前以化石燃料发电为主的电网碳排放后的净CO₂排放量，如表二所示：

表二：不同生活垃圾处理方式的碳排放比较^[2]

吨气体/吨垃圾	CH ₄	CO ₂	CO ₂ 当量总计	电网CO ₂ 排放 替代量 ^a	净CO ₂ 排放量
	A	B	C=A*GWP _b +B	D	E=C-D
厌氧产沼发电 ^c		0.256	0.256	0.186	0.07
填埋+沼气发电	0.009	0.234	0.423	0.149	0.274
焚烧发电		0.815 ^d	0.815	0.240	0.575
好氧堆肥		0.334	0.334		0.334
填埋+沼气燃烧	0.009	0.234	0.423		0.423
厌氧填埋	0.047	0.128	1.108		1.108

注：此研究沿用清华大学李欢等对垃圾焚烧发电替代电网碳排放量的估算，数值为0.24吨CO₂，与发改委估算略有出入。

六种垃圾处理方式中，处理1吨垃圾的焚烧发电净碳排放量（0.575吨CO₂）仅低于没有沼气收集的填埋技术（1.108吨CO₂），远高于其他方式。而排放量最低的是厌氧产沼发电（0.07吨CO₂）。由此可见，若同时考虑处理垃圾和产能发电两种效益，垃圾焚烧仍是一种高碳技术。

此外，如果进一步考虑用真正低碳的可再生能源，即太阳能、风能替代化石燃料发电，搭配相对焚烧更加低碳的垃圾处理方式，如厌氧产沼发电、好氧堆肥和其他分类废弃物的循环利用，则可以达到更佳的整体环境效益。

参考文献：

[1]Johnke, B. (1999). ‘Emissions from waste incineration’. Background paper for *Expert meeting on good practice in inventory preparation : emissions from waste*. IPCC/OECD/IEA National Greenhouse Gas Inventories Programme, (Unpublished – TSU, Japan)

[2]磐石环境与能源研究所：《错误的激励：中国生活垃圾焚烧发电与可再生能源电力补贴研究》，北京：2014。

1. 中国可再生能源政策与生活垃圾焚烧发电的关系

本文主要研究的是中国生活垃圾焚烧发电获得可再生能源发电补贴的问题，因此有必要首先梳理一下我国与可再生能源发展相关的政策法规是如何看待垃圾焚烧发电的，或对这个产业都有哪些具体规定。

2006年1月1日生效的《中华人民共和国可再生能源法》（以下简称《可再生能源法》）第二条规定：“本法所称可再生能源，是指风能、太阳能、水能、生物质能、地热能、海洋能等非化石能源。水力发电对本法的适用，由国务院能源主管部门规定，报国务院批准。通过低效率炉灶直接燃烧方式利用秸秆、薪柴、粪便等，不适用本法。”其第三十二条进一步将“生物质能”定义为“利用自然界的植物、粪便以及城乡有机废物转化成的能源”。

虽然《可再生能源法》通篇未提及“垃圾”或“垃圾焚烧发电”，但国家发展和改革委员会（以下简称“国家发改委”）随后颁布的《可再生能源发电价格和费用分摊管理试行办法》（2006年1月4日，以下简称《试行办法》）和《可再生能源发电有关管理规定》（2006年1月5日，以下简称《管理规定》）两份规范性文件都明确将“垃圾焚烧发电”纳入了政策支持和管理的范围。

《试行办法》第二条规定：“本办法的适用范围为：风力发电、生物质发电（包括农林废弃物直接燃烧和气化发电、垃圾焚烧和垃圾填埋气发电，沼气发电）、太阳能发电、海洋能发电和地热能发电等。《管理规定》第二条也称它所管理的“可再生能源发电”包括：“水力发电、风力发电、生物质发电（包括农林废弃物直接燃烧和气化发电、垃圾焚烧和垃圾填埋气发电、沼气发电）、太阳能发电、地热能发电以及海洋能发电等”。

对于垃圾焚烧发电所属的生物质发电项目，《试行办法》对如何进行电价补贴做出了具体规定，其第七条称：“生物质发电项目上网电价实行政府定价的，由国务院价格主管部门分地区制定标杆电价，电价标准由各省（自治区、直辖市）2005年脱硫燃煤机组标杆上网电价加补贴电价组成。补贴电价为每千瓦时0.25元。发电项目自投产之日起，15年内享受补贴电价，运行满15年后，取消补贴电价。自2010年起，每年新批准和核准的发电项目的补贴电价比上一年新批准和核准建设项目的补贴电价递减2%。发电消耗热量中常规能源超过20%的混燃发电项目，视同常规能源发电项目，执行当地燃煤电厂的标杆电价，不享受补贴电价。”第八条又进一步规定：“通过招标确定投资人的生物质发电项目，上网电价实行政府指导价，即按中标确定的价格执行，但不得高于所在地区的标杆电价。”

上述政策实施6年后，财政部、国家发改委、国家能源局在2012年3月14日联合发布了《可再生能源电价附加补助资金管理暂行办法》。其第二条指出，该办法所称可再生能源发电中，生物质能发电包括农林废弃物直接燃烧和气化发电、垃圾焚烧和垃圾填埋气发电、沼气发电。也就是说，垃圾发电当时不仅仅按照生物质发电执行统一的上网电价，而且按照生物质发电的电价附加补助执行电价补助。

两周后，国家发改委又专门就垃圾焚烧发电产业的电价补贴问题，下发了《关于完善垃圾焚烧发电价格政策的通知》（以下简称《完善通知》），其主要内容如表1所示。

表 1: 《关于完善垃圾焚烧发电价格政策的通知》主要内容都^[1]

一、进一步规范垃圾焚烧发电价格政策

以生活垃圾为原料的垃圾焚烧发电项目，均先按其入厂垃圾处理量折算成上网电量进行结算，每吨生活垃圾折算上网电量暂定为280千瓦时，并执行全国统一垃圾发电标杆电价每千瓦时0.65元（含税，下同）；其余上网电量执行当地同类燃煤发电机组上网电价。

二、完善垃圾焚烧发电费用分摊制度

垃圾焚烧发电上网电价高出当地脱硫燃煤机组标杆上网电价的部分实行两级分摊。其中，当地省级电网负担每千瓦时0.1元，电网企业由此增加的购电成本通过销售电价予以疏导；其余部分纳入全国征收的可再生能源电价附加解决。

三、切实加强垃圾焚烧发电价格监管

(一) 省级价格主管部门依据垃圾发电项目核准文件、垃圾处理合同，以及当地有关部门支付垃圾处理费的银行转账单等，定期对垃圾处理量进行核实。电网企业依据省级价格主管部门核定的垃圾发电上网电量和常规能源发电上网电量支付电费。

(二) 当以垃圾处理量折算的上网电量低于实际上网电量的50%时，视为常规发电项目，不得享受垃圾发电价格补贴；当折算上网电量高于实际上网电量的50%且低于实际上网电量时，以折算的上网电量作为垃圾发电上网电量；当折算上网电量高于实际上网电量时，以实际上网电量作为垃圾发电上网电量。

(三) 略

(四) 略

(五) 电网企业应按照《可再生能源法》和有关规定，承担垃圾焚烧发电项目接入系统的建设和管理责任。

四、执行时间

本通知自2012年4月1日起执行。2006年1月1日后核准的垃圾焚烧发电项目均按上述规定执行。

综合以上信息，由《可再生能源法》以及国家发改委出台的若干规范性文件组合而成的可再生能源政策，将垃圾焚烧发电作为生物质能源发电的一类纳入了可再生能源发电补贴的范围中。一般而言，可再生能源发电补贴具体指的就是在本地脱硫燃煤机组标杆上网电价的基础上给予的额外资助。目前，国家发改委制定的垃圾发电全国统一标杆电

价为每千瓦时0.65元，除去各地脱硫燃煤机组标杆上网电价（一般都在0.40元左右），各地的垃圾焚烧发电项目理论上获得的可再生能源发电补贴就是每千瓦时0.25元左右，占垃圾发电上网电价的38.5%。这样的补贴是否合理，值得探讨。

2. 可再生能源的概念

讨论生活垃圾焚烧供热发电 (waste-to-energy) 得到可再生能源发电补贴的合理性首先应从分析可再生能源的概念开始。这样有助于我们更清晰地认识垃圾焚烧发电与可再生能源发电的关系。

如前所述,《可再生能源法》没有在文本中明确给出“可再生能源”的定义,只是第二条通过列举的方式指出可再生能源包括“风能、太阳能、水能、生物质能、地热能、海洋能等非化石能源”。

国际上较为通行的关于可再生能源的定义来自国际能源署 (International Energy Agency, 简称IEA) 和美国联邦政府主管的能源信息局 (Energy Information Administration, 简称EIA)。两个机构给出的定义虽然略有不同,但本质上没有差异。EIA定义的对象是“可再生能源资源”(Renewable Energy Resources),认为“可以自然补充但能量流有限的能源资源称作可再生能源资源。它们持续存在且几乎不会耗竭,但在单位时段内可以获得的能量是有限的¹。可再生能源资源包括生物质能、水能、地热能、太阳能、风能、海洋热能、海洋波浪能、潮汐运动能”^[2]。相比之下,IEA对可再生能源的定义,强调可再生能源不会耗竭的特性,而没有提及EIA定义中关于可再生能源“单位时间段内可以获得的能量有限”的特点。IEA认为可再生能源“衍生于自然发生的过程(例如阳光和风),这些过程的补充速度高于它们被消耗的速度。太阳能、风能、地热能、水能和生物质能是普遍的可再生能源资源。”^[3]

在我国,目前将垃圾焚烧发电作为可再生能源进行补贴的依据是视垃圾为一种生物质能源资源。《可再生能源法》第三十二条给出了生物质能的范围,“是指利用自然界的植物、动物粪便以及城乡有机废物转化成的

能源”。值得注意的是,这一法条并没有出现“垃圾”一词。正式提及“垃圾”的是《可再生能源法》生效四天后出台的《可再生能源发电有关管理规定》,其第二条将垃圾焚烧发电归入了生物质发电的范围。

《可再生能源法》全文没有出现“垃圾”一词,更没有对垃圾的概念与生物质能,特别是城乡有机废物的概念异同进行解释,而《管理规定》却直接将垃圾发电并入生物质发电的范畴中。显然这里隐含着一种立法前提或者假设:垃圾与生物质能或城乡有机废物是等同的。

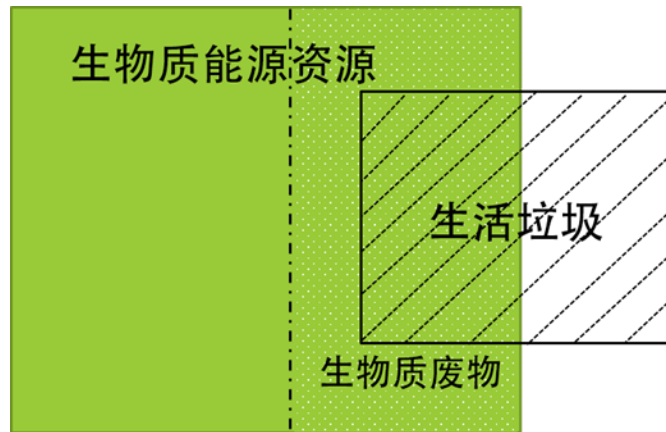
然而,以上立法假设并不合理,通过梳理生物质能、生物质废物和垃圾的概念差异,本文表明:垃圾与生物质废物是两个不同的概念,不能简单将垃圾归入生物质废物的范畴。

生活垃圾(有时也被称作“市政固体废弃物”,英文为“Municipal Solid Waste”)一般包括轻质可燃物(纸张、树叶、塑料、织物、竹木等质量较轻、热值较高的有机物)、厨余(果皮、剩菜、骨头等厨房垃圾,含水量大)、无机物(金属、玻璃、灰渣等,一般不可燃烧)。IEA认为,生物质能是一种可再生能源,能量来自动植物,这些动植物或者仍然具有生命或者曾近期存活,例如木屑、农作物和动物粪便等²。EIA将生物质能和生物质废物区分开来。生物质指源自生物体的有机非化石原料。而生物质废物指“源自生物体的非化石有机原料的副产品和废弃物,包括城市固体垃圾中的生物源部分,如垃圾填埋气、污泥废料、农作物副产品、秸秆,以及其他生物质固体、液体和气体,不包括木材和来自木材的燃料、生物燃料原料、生物柴油和燃料乙醇”。EIA关于生物质废物的定义包括固体、气体和液体三种形态。

¹ 本文认为,单位时间段内能量的有限性可以理解为能量的低密度特点和低密度性。

² 这里显然是为了与化石能源区别开来,虽然化石能源也来自动植物,但经历了一个十分漫长的演进过程,是不可能再生的。

图 1：生物质能源资源、生物质废物和生活垃圾的概念与关系图示



注：生物质能源资源（绿色方形）统指源自生物体的有机非化石原料。生物质废物（绿色阴影部分）指源自生物体的非化石有机原料的副产品和废弃物，属于生物质能源资源的一部分；生活垃圾（斜线方形）一般包括轻质可燃物、厨余、无机物。如图所示，生物质能源资源的生物质废物部分与生活垃圾有交集，即生活垃圾中可降解的生物质。

比较以上关于生物质、生物质废物和垃圾的定义（图1），可以看出：垃圾不但不同于生物质，也不同于生物质废物；垃圾中仅可降解生物质部分属于生物质废物的一部分。

众所周知，我国的垃圾厨余比重大（即其中属于生物质废物的部分占比较高），这种组分特点也许是《管理规定》和《试办法》等系列政策文件将垃圾划作生物质废物，进而给予垃圾焚烧发电项目可再生能源发电补贴的理由之一。不过，这样的理由是牵强的。

首先，如表2所示，即使我国厨余占垃圾总量比重较高，可达50-60%左右，余下仍有40-50%左右的非生物质废物存在于垃圾中。即使将纸张、树叶、竹木包括在内，垃圾中属于生物质废物的部分占总量的比例会略高于60%，却依然不能将垃圾整体化约为生物质废物。

其次，若焚烧处置垃圾中的生物质废物，如厨余、动物粪便、纸张、树叶、废竹木，它们合计对发电的贡献率并不高。如表2所示，垃圾焚烧过程中每种垃圾组分对发电的贡献差别很大，厨余类发电率仅为0.04 kWh/kg，纸张为0.36 kWh/kg，塑料则高达0.96 kWh/kg，其他类别除了玻璃之外都在0.3 kWh/kg左右。在此基础上，若掌握某垃圾焚烧厂进场垃圾的组分比例，便可以计算出不同垃圾组分所对应的发电量。以表2反映的成都洛带垃圾焚烧发电厂为例，单位发电量厨余和纸张分别贡献了7.64%和18.28%，即使加上织物³和木头等，贡献率合计仅有29.19%。因此，如果细致计算垃圾发电中理论上的可再生电力，仅有不到1/3称得上“名副其实”。

³ 织物中有大量的非棉质产品，并不能划为生物质废物。这里仅是粗略估计，假设织物中大部分的是棉质品。

表 2：单位电量垃圾组分的贡献率比较

	组成 ^[4]	垃圾组分发电率 ^[5]	单位质量垃圾组分发电率	发每千瓦时电量的垃圾组分工作
垃圾组分	Kg/Kg垃圾	kWh/kg	kWh/kg垃圾	%
	A	B	C=A*B	D=C/E
厨余	0.48	0.04	0.02	7.64
纸	0.13	0.36	0.05	18.28
塑料	0.12	0.96	0.12	46.60
玻璃	0.03	0.00	0.00	0.00
木头	0.01	0.36	0.00	1.20
织物	0.01	0.37	0.01	2.07
其他	0.22	0.28	0.06	24.21
总计	1.00		0.25 (E)	100.00

注：以四川省成都市的洛带垃圾焚烧发电厂的垃圾组分成分比例为例，结合每类垃圾组分的焚烧发电率，计算得出各组分的发电贡献率。

根据已有调查，国内垃圾的平均热值为5400KJ/kg^[6]，其中厨余组分热值较低，仅为2100KJ/kg左右^[7]；塑料的热值则要高很多，一般超过15000KJ/kg。这意味着塑料对垃圾发电的贡献要大得多，而组分占比较高的厨余其实是“拖后腿”的。这也从物理层面解释了为何生活垃圾焚烧发电生物质部分贡献率偏低。

基于上述事实 and 理由，将垃圾焚烧发电不加区分地，不设条件地作为可再生能源发电的一种形式进行补贴是存在严重政策纰漏的。

3.垃圾焚烧发电缺乏可再生能源发电的低碳、清洁和可持续特征

将垃圾焚烧发电视为一种能源利用方式来评价它是否低碳、清洁和可持续，其实并不恰当。因为归根结底，它作为垃圾管理方式的一环，首要目标是解决垃圾处置问题，获取能源仅是附带效应，根本无法和其他一些可再生能源，如太阳能、风能相提并论。然而，既然我国的政策目前将垃圾焚烧发电作为生物质能利用的一种方式给予可再生能源发电补贴（上文已证明这种补贴仅有很小的部分真正支持了生物质废物的能源利用），本文权且以一种“普通”的电力生产方式的视角，来讨论其是否具备可再生能源发电应具备的清洁、可持续和低碳的特点。

3.1. 垃圾焚烧发电不是清洁电力

在垃圾焚烧发电发展历史较长的发达国家，需要投入巨额资金和高新技术来控制焚烧过程所排放的污染物，并对废液和灰渣进行无害化处理。在垃圾焚烧发电发展历史较短的发展中国家，包括中国在内，由于环境监管力度和水平的不足，垃圾焚烧发电项目常常带来更为直接的环境和公众健康影响。关于垃圾焚烧厂排放对环境影响的详细研究，可参表5所列文献。

图 2：反对垃圾焚烧的公众抗议



表 3：生活垃圾焚烧污染问题文献例举

文献	主要内容	发布机构	发布时间
《中国生活垃圾焚烧厂污染物排放与环境影响文献研究》	较为充分地考察了近10年有关中国垃圾焚烧厂污染物排放与环境影响的中外学术论文；将论述重点集中在二恶英、多环芳烃和重金属这三类焚烧厂排放的重点污染物上；发现即使有限公开的科研数据也可表明中国垃圾焚烧厂超标排放的现象是存在且不可忽视的，一些运行多年的垃圾焚烧厂已经对周边环境乃至区域环境造成严重的影响。	自然大学、芜湖生态中心	2013年
《中国122座在运行垃圾焚烧厂信息公开报告》	展示了民间环保组织2012年向全国31个省（直辖市）、76个市或区级环保部门申请公开122座已运行垃圾焚烧厂环境信息的结果；发现：①获公开信息的焚烧厂数量不足所申请数量的一半，信息公开度很低；②环保部门提供的监测信息很不完整，二恶英和汞排放数据公开比率不足一成；③超标排放现象存在，若以欧盟标准要求，差距更大。	芜湖生态中心	2013年
《京津冀垃圾焚烧厂排放信息公开现状报告》	展示了志愿者2014年4月向环保部、北京市环保局、天津市环保局和河北省环保厅及其地级市环保局申请京津冀地区18座垃圾焚烧厂烟气信息公开现状，从公开的排放信息来看，除了北京市环保局公开了每年的二恶英排放数据，另外没有一个焚烧厂有二恶英数据。天津市环保局公开的烟气排放监督性监测数据中，都没有二恶英的检测数据，其中双港垃圾焚烧厂2008年8月4日的氯化氢超标，排放高达93.6mg/m ³ ，2008年10月16日的汞排放超标，高达0.442mg/m ³ ，2011年6月14日的氮氧化物严重超标，高达429mg/m ³ ；天津市另外一座垃圾焚烧厂，青光垃圾焚烧厂2009年6月10日的检测数据中，一氧化碳严重超标，高达384mg/m ³ ，是2001年《生活垃圾焚烧污染控制标准》中规定的一氧化碳排放限值150mg/m ³ 的3倍多。 而河北省环保厅和各级地级市环保局公开的排放数据中，没有一个焚烧厂公开焚烧厂的监督性检测数据。只有秦皇岛市环保局公开了秦皇岛灵海垃圾焚烧厂的在线监测数据，只有在线监测的二氧化硫、氮氧化物和烟尘数据，重金属汞、镉、铅和二恶英的检测数据，也没有监督性检测数据。	自然大学	2014年
《二恶英污染真相——来自政府和学术界的证词》	报道了近几年应引起公众重视的有关我国二恶英污染现状的科研信息，并收录了数篇评论文章；虽然内容不限于垃圾焚烧行业，但有关垃圾焚烧厂二恶英排放和污染的信息还是占据了最大的篇幅；除揭示出我国垃圾焚烧厂确实存在二恶英污染问题外，也对政府部门及其制定的相关政策有意淡化焚烧厂二恶英污染问题的严重性及防治工作的严峻性提出了批评。	自然大学	2012年

续前表			
文献	主要内容	发布机构	发布时间
《垂死的技术：废弃物焚化》（中文版）	作为一份具有国际视野的报告，首先从污染物排放、运营和污染控制成本、对就业的影响、对资源和能源的浪费、替代方案的影响等角度系统批判了现代垃圾焚烧技术；然后介绍了替代方式的潜力；最后援引国际环保公约的要求，指出限制和淘汰垃圾焚烧炉的必要性。	全球垃圾焚烧替代联盟	2003年
《焚化炉对健康的影响》	整体介绍了垃圾焚烧厂的污染物排放特征、毒性和健康影响；重点考察了为数不多的（特别是能够符合严格科学标准的）关于垃圾焚烧厂厂内人员、周边居民健康状况的研究，发现垃圾焚烧厂严重影响人类健康，应引起公众的关注。	绿色和平	2001年
《全国飞灰处理乱象调查：六省成盲区，企业乱填埋，利用难安全》	在有垃圾焚烧厂的省份，至少有6省无具备处理飞灰资质的企业。即便有资质的企业，也有部分成摆设。2010年，澳门垃圾焚化中心违规处置飞灰，导致民众抗议。当地卫生局为此对受害者进行为期10年的健康跟踪调查。资源化利用举步维艰，安全尚无标准。“如果飞灰被制成砖，那么就肯定无法监测毒性。”	《南方周末》	2013年11月7日
《明知违规，也难关停。“绑架”武汉的飞灰遗祸》	全国城镇生活垃圾焚烧厂正在急剧上马。然而，垃圾焚烧产生的“隐形杀手”——飞灰，却远在公众视野之外。环保部一则例行通报，揭开了武汉飞灰处理困局，飞灰成垃圾焚烧挡不住的二次污染。	《南方周末》	2013年11月7日
《武汉：垃圾焚烧，不能留毒》	武汉锅顶山垃圾焚烧厂未通过环评，擅自生产，擅自处置垃圾滤液，违规运营，戕害居民。16亿搬迁费用不知去向，一年20万吨危险废弃物去向何方，武汉全部垃圾焚烧发电厂带病运转，该谁为市民健康买单？记者通过调查发现武汉市所有垃圾焚烧发电项目都存在着违规违法行为，其中潜在的危害无法估计，而当地环保部门却相互推诿，环保处罚决定竟然无人执行，成为一句空话。	中央电视台《经济半小时》	2013年12月17日
《来自深圳红花岭的污染报告》	在深圳龙岗区红花岭，有一座专门焚烧垃圾的山头，附近几十万居民深受其扰，连正常生活都受到影响。山上不仅有生活垃圾焚烧厂，还有医疗废物焚烧厂，这些气味熏天、污染水源和大气、手续不全。	央视《经济半小时》	2013年12月29日

我国生活垃圾焚烧所引发的环境污染和带来的人体健康问题已经是不争的事实。除了不好的环境影响之外，生活垃圾焚烧厂的建设 and 不当运营，已经成为影响社会安定的危险因素。从2006年以来，大规模公众聚集反对垃圾焚烧事件频繁发生，时间和地点包括：2007年北京六里屯，2009年广州番禺、南京天井洼、北京阿苏卫，2010年贵阳乌当、秦皇岛潘官营，2011年无锡黄土塘，2012至2013年广州花都、东莞，2014年武汉锅顶山、浙江余杭。

生活垃圾焚烧厂的建设 and 不当运营引发了如此多的群体性事件，并造成了严重的社会影响，显然，它不具备可再生能源技术应该具备的良好社会效应。

3.2. 垃圾焚烧发电在原料的可持续性问题上存在很大问题

能源的可持续性，即消耗的速率总是低于其补充的速率，应当是区分可再生能源与传统能源的根本特点之一。正是从这个角度思考，生物质能本身存在可持续性的问题，因为生物质原料作为能源使用（主要包括发电和交通燃料）必然对同样以生物质为基本原料的农业和林业的可持续发展和管理带来影响。毕竟在全球范围内，生物赖以生存的土地是有限的，在一定的时空内，土地的面积和产出更是有限的。如果生物质的能源利用被强化，可能影响农业的食品供应，如果生物质的能源利用监管不佳，可能会给林业的可持续管理带来负面影响。这些都是生物质和生物质废物利用必须考虑的问题。

为保证生物质能源的利用符合可持续性原则，一些经济合作与发展组织国家（OECD）及大多数欧盟国家已尝试通过建立生物质可持续性标准（Biomass Sustainability Criteria）的评价方法或者体系，来对符合可持续原则的绿色电力加以扶持。值得注意的是，这些国家并没有将生活垃圾中未被分离出来的可降解生物质纳入到绿色电力认证体系里进行额外补贴^[8]。这种更为科学、更加精细化的绿色电力认证体系

显然有别于我国粗放支持混合垃圾焚烧发电的可再生能源政策，前者会促进更高效的生物质废物分类循环利用的发展，后者则会对之产生阻碍。

3.3. 垃圾焚烧发电不是一种低碳的能源利用方式

碳排放强度也是比较不同能源可持续性的重要指标。我国的垃圾管理者经常宣称焚烧发电是一种低碳的垃圾处理方式。这种观点只看到了发电的部分减排效果，以及它对垃圾填埋甲烷气体排放的替代作用。一则，垃圾中非生物质类可燃物焚烧后会产生绝对的二氧化碳排放；二则，垃圾中生物质类废弃物焚烧相比填埋可能是低碳的，但相比其他处理方式却不一定，因为替代填埋场甲烷排放技术并不只焚烧一种。这样看来，生活垃圾焚烧发电是不是一种低碳的选择，既需要选对参照物，也需要周全、细致地计算。本文试对垃圾焚烧发电与其它垃圾处理方式的碳排放进行比较，如厌氧发酵和好氧堆肥等。

3.3.1. 垃圾焚烧发电与其他垃圾处理方式碳排放比较

首先比较一下单位重量垃圾在不同处理方式下的碳排放。通常焚烧1吨垃圾产生的二氧化碳的量为0.7-1.2吨，其中来自生物源的部分占33-50%^[9]。这种估算显然跟垃圾各组分比例有很大关系，比如台北市的一个研究通过实测表明，每吨生活垃圾焚烧产生的二氧化碳总排放量为0.964吨，其中厨余组分的比例为23.4%，约贡献0.236吨二氧化碳排放^[10]。

垃圾焚烧产业往往倾向于通过计算垃圾中源自于化石类物质含碳化合物的比例来推导垃圾焚烧发电的二氧化碳排放量，因为生物质作为燃料在很多场合都被视为是“碳中和性”的。不过，由于生物质能源在生产、加工和运输过程中仍可能产生一定量的碳排放，而且所谓的厨余类生物质在焚烧时显然不能

等同于生物质颗粒燃料⁴，况且生物质颗粒燃料本身也还存在可持续性的问题，所以在中国垃圾厨余占比更高的情况下，废弃物中生物质来源的二氧化碳更应该被计入到垃圾焚烧发电的碳排放核算里。政府间气候变化委员会(IPCC)在其2006年国家温室气体清单指南中提到，对于单纯燃烧生物质废弃物的设施，产生的二氧化碳不用计入排放清单中；对于作为能源利用的垃圾焚烧设施，生物来源的二氧化碳排放也应该报告^[11]。

表4比较了我国目前生活垃圾在6种不同处理方式下的二氧化碳排放以及碳减排潜力。结果显示，垃圾焚烧的排放为0.815吨二氧化碳/吨垃圾；计入发电产生的替代电网二氧化碳减排量后，净二氧化碳排放量为0.575吨，为排放量第二高的处理方式。

表 4：不同生活垃圾处理方式的碳排放比较^{[11][12]}

吨气体/吨垃圾	CH ₄	CO ₂	CO ₂ 当量总计	电网CO ₂ 排放 替代量 ^a	净CO ₂ 排放量
	A	B	C=A*GWP ^b +B	D	E=C-D
厌氧产沼发电 ^c		0.256	0.256	0.186	0.07
填埋+沼气发电	0.009	0.234	0.423	0.149	0.274
焚烧发电		0.815	0.815	0.240	0.575
好氧堆肥		0.334	0.334		0.334
填埋+沼气燃烧	0.009	0.234	0.423		0.423
厌氧填埋	0.047	0.128	1.108		1.108

注：a. 垃圾发电替代了电网用电量，也就减少了电网电量的相关二氧化碳排放。b. GWP是全球变暖潜能值，甲烷GWP为21。c. 在本表中，此方法对应的处理对象为一般生活垃圾，而非李欢等论文所讨论的“餐厨垃圾”；对于前者的可降解有机碳(DOC)含量，李欢等论文参考IPCC《国家温室气体排放清单指南(2006)》中东亚生活垃圾的缺省值，取值14%，对于后者的DOC含量，该论文参考其他文献，取值7%；为保证前后比较的一致性，本表所讨论的各类技术的处理对象都是组分相同的生活垃圾，其DOC都取值14%。d. 李欢等论文^[12]的估算值为0.561。他们采用IPCC^[11]推荐的东亚生活垃圾中DOC含量缺省值14%来推算表中各类生活垃圾处理方式的碳排放量。然而，在IPCC《国家温室气体排放清单指南(2006)》中，东亚生活垃圾食物组缺省值仅为26.2%，显然低于中国实际情况。考虑到后续推算和相互比较的一致性，若已使用了IPCC推荐的东亚DOC含量缺省值，李欢等文本应该继续使用IPCC推荐的缺省数值，估算得出焚烧发电的二氧化碳排放值为0.815(修正计算过程详见附录)。另外，即便从实际组分的角度考虑，李欢等引入的中国垃圾橡塑组分值(7%-12%)及进一步推导并选择的垃圾中源自橡塑成分的总碳含量(4%)也严重偏低。许多文献表明，拥有焚烧发电厂的城市的橡塑垃圾组分可达10%-20%，进而可推导出其含碳量占总垃圾质量应在10%左右，由此推算出的焚烧发电吨垃圾二氧化碳排放量为0.748吨，仍与表中估算值0.815吨相近。

从减少碳排放的角度看，垃圾焚烧显然不是最佳的垃圾处理方式，厌氧产沼发电的二氧化碳排放量仅为焚烧的1/8，除了厌氧填埋之外焚烧的排放是最高的(根据现行的《生活垃圾填埋场污染控制标准(GB 16889-2008)》，填埋场应采取甲烷减排措施，因此实际中表4所列的厌氧填埋的情况已是法规政策所不允许的)。

所以，从低碳的角度，合理的垃圾处理方式的起点必然是干湿垃圾分类收集，然后根据实际情况对厨余进行厌氧发酵、产沼利用或者进行好氧堆肥，同时用其他方式处置非可降解废弃物。

生命周期分析的结果也表明，对于中国生活垃圾厨余比例高的特殊情况，厨余有机物堆肥以及卫生填埋场甲烷气体回收利用给

⁴ 生物质颗粒燃料是从生物质压缩制成的供暖燃料。最常用类型的木颗粒。

环境带来的影响远小于焚烧发电，并具有最高的可操作性；每1吨垃圾可以生产0.254吨堆肥和60千瓦时电量^[13]。

以上讨论尚未考虑焚烧厂另一种温室气体氧化亚氮（N₂O）的排放。韩国延世大学实测研究表明，该国垃圾焚烧厂氧化亚氮的排放因子分别为71、75和153克每吨垃圾。这一结果显然和IPCC公布的缺省值有明显出入，但与日本和德国垃圾焚烧厂的实测结果相当^[14]。如果计入氧化亚氮对应的二氧化碳排放当量，那焚烧这种垃圾处理方式的温室气体排放还会提高。

3.3.2. 垃圾焚烧发电与其他能源发电技术碳排放比较

再比较一下垃圾焚烧发电与其他能源发电技术单位发电量的碳排放量。如前所述，IPCC对于垃圾温室气体排放清单有明确的要求：如果垃圾是用于发电，那么生物来源以及非生物来源的二氧化碳都要报告。当二者

都考虑进碳排放的计算时，垃圾焚烧发电的二氧化碳排放强度是最高的，每兆瓦时二氧化碳排放量达到1.35吨（美国）或2.72吨（中国）；这一数值不仅远远高于太阳能和风力发电，也高于化石能源发电，如天然气和燃油发电，甚至煤炭。

如表5所示，在美国，垃圾焚烧发电仅在减去生物来源部分的贡献后，其碳排放才低于燃煤发电（ $0.45 < 1.02 \text{ tCO}_2/\text{MWh}$ ），这或许是它有时被渲染成为低碳设施的原因之一。在中国，即使不计入生物来源部分的贡献，垃圾焚烧发电的碳排放仍高于燃煤发电（ $1.26 > 0.79 \text{ tCO}_2/\text{MWh}$ ）。这种地区差别，虽与燃料可燃碳含量的不同有关，更主要是能效差异所致，而能效差异又与垃圾组分、含水率及热值的差别有很大关系。

表6显示出发达国家和中国在垃圾组分上的明显差别。显然，在同等体量下，中国垃圾的热值不到发达国家垃圾热值的一半。

表 5：不同燃料原料在发电过程中的CO₂排放比较^{[12][15][16][17]}

tCO ₂ /MWh	美国			中国		
	非生物来源	生物来源	总计	非生物来源	生物来源	总计
天然气	0.51	0	0.51	0.37	0	0.37
燃油	0.76	0	0.76	0.52	0	0.52
煤炭	1.02	0	1.02	0.79	0	0.79
生活垃圾焚烧	0.45	0.90	1.35	1.26 ^a	1.46 ^a	2.72 ^b
太阳能、风能	0	0	0	0	0	0

注：a，非生物来源和生物来源的二氧化碳排放比较，有IPCC推荐的垃圾总碳含量和东亚垃圾组分缺省值推算得出，即12.1%，14%；b，由表4所示的吨垃圾焚烧二氧化碳排放量（0.815吨）除以李欢等文^[12]选取的中国垃圾焚烧发电厂吨垃圾发电量（300kwh）得出。

表 6：国内外垃圾组分状况对比^[18]

	重量(kg/m ³)	含水量(%)	厨余(%)	灰土(%)	热值(KJ/kg)
发达国家	100-150	20-40	3-6	1-10	6300-10000
中国	250-500	40-60	40-60	1-20	1500-5000

3.3.3. 垃圾焚烧是低效能源

进一步比较一下不同能源发电方式的发电效率。垃圾焚烧的发电效率很低，一般为13-27%^[19]。风电和太阳能光伏的发电效率分别在35%和15%左右^[20]，而化石能源发电的效率都在40%以上。根据2008年欧盟垃圾管理框架指令，能效指标（R1）达到0.6-0.65（换算成发电效率至少要达到23-25%以上）的垃圾焚烧厂才能被视为是能源利用设施，达不到此标准的焚烧厂只能被看作是一种垃圾末端处置设施，在垃圾管理优先次序层级中与卫生填埋无异。

根据欧洲垃圾焚烧行业联合会（CEWEP）2012年发布的调查报告，在314座被调查的欧洲焚烧厂中，能够达到R1能源利用门槛的数量为206，占比65.6%。虽然这一比例看似较高，但其中只发电、不供热的焚烧厂数仅为31，占比不到10%^[21]。说明目前能够达到欧盟能源利用标准的焚烧厂，绝大多数都是能够供热或实现热电联产的设施。反观我国的情况，生活垃圾水分高、热值低，污染控制耗能多，热损失大，再加上污染问题严重，诚信缺失，不少厂只能远离居民区或工业区选址，不能实现热电联产，很难达到可被视为能源利用设施的水平，实则是一种低效能源。

更值得注意的国际趋势是，欧盟国家不仅不将垃圾焚烧视为绿色能源，还准备进一步降低垃圾焚烧的比重和碳排放。2013年，前丹麦环境部长提出丹麦要循环利用更多，焚烧更少^[22]。据2011年丹麦科技大学一项研究表明，丹麦垃圾焚烧厂每千兆焦耳产能所排放的二氧化碳为32.5千克，是原来预计的两倍^[23]。2014年，现任法国环境部长也表示焚烧是过时技术，在废弃物收集和能源转化方面，许多技术都比垃圾焚烧环保且合理得多，必须通过强制手段来停止焚烧垃圾^[24]。2012年欧盟委员会发布的“欧洲资源效率路线图”也提议在2020年以前禁止焚烧所有能够被循环利用的垃圾，包括可堆肥废弃物。这再一次说明，在垃圾焚烧最为成熟的欧洲国家，该技术早已不是什么“资源化”的垃圾处理方式。

以上分析整体表明，垃圾焚烧发电不清洁、原料供应可持续性存在问题、碳排放高，不符合可再生能源发电所应具备的主要特征。因此，给予垃圾焚烧发电可再生能源电力补贴不合理。

4. 对垃圾焚烧发电进行可再生能源补贴的负面影响

本文认为，我国政府对垃圾焚烧发电给予可再生能源发电补贴助长了以末端处理为优先的垃圾管理方式，相当程度上阻碍了注重前端预防、把握全过程、可持续的垃圾管理体系的建立，同时降低了可再生能源发电补贴使用的效率。

4.1. 延续错误的补贴新政

2012年，我国中央政府虽然调整了垃圾焚烧发电项目补贴政策，加强了监管，但依然避重就轻，没有解决补贴垃圾焚烧发电与支持可再生能源发电存在根本性矛盾的问题。

起初，2006年公布的《可再生能源发电价格和费用分摊管理试行办法》通过规定生物质发电项目（垃圾焚烧发电算在其中）发电消耗热量中常规能源（指石油、天然气和煤炭）不得超过20%的比例，来排除出现大量混烧常规能源、获得更高发电量、进而得到更多电价补贴的垃圾焚烧发电项目的情况。然而在实际中，这种超过20%混烧比例的情况仍不少见，导致补贴更加成为“南辕北辙”的政策。因此，2012年3月28日国家发改委发布《关于完善垃圾焚烧发电价格政策的通知》，规定对垃圾焚烧发电项目补贴的限额为280千瓦时/吨，即平均每吨垃圾折算成280千瓦时的上网电量。

国家发改委新政策的核心内容有两点：第一，设置一个吨垃圾焚烧发电上网电量的基准值；第二，将焚烧厂每吨垃圾的实际发电量与基准值进行比较，然后按一套方法计算出每座焚烧发电厂应得到的可再生能源电力补贴。这一政策旨在一方面继续支持垃圾焚烧发电项目，一方面排除在垃圾焚烧中掺入过多化石能源，骗取发电补贴的情况。

若从近两年全球和中国宏观经济形势及可再生能源发展的现状进行观察，或许可以

更好地理解2012年我国政府政策调整的背景。

首先，以风电为代表的可再生能源发电在“十一五”（2006-2010）期间经历了爆发式发展，对可再生能源电力补贴的需求也增长迅速。中央政府征收可再生能源电力附加的力度也逐渐增加，先后经历两次提升，即从2006年的0.2分/千瓦时增加到2009年的0.4分/千瓦时，2011年底再次提高到0.8分/千瓦时^[25]。同样享受补贴的垃圾焚烧发电项目也发展迅速，全国从2005年运营的67个垃圾焚烧项目，总处理量仅有791万吨，增加到2011年运营的109个垃圾焚烧项目，总处理量达2599.3万吨的水平⁵。垃圾焚烧发电项目的增长似乎在复制风电在“十一五”中的发展历程。但进入“十二五”，风电和太阳能开始经历全球经济危机和行业极速扩张、产能大大过剩所带来的困难，2012年和2013年更出现可再生能源市场重新整合，一些企业开始被淘汰出局的景象。在GDP年增长率降低、全国电力消费增速放缓的情形下，中国支持可再生能源发展的财政补贴也自然会受到影响。垃圾焚烧发电价格政策的调整也显示出这一迹象。

新政策虽然旨在解决混烧问题，减少了对垃圾焚烧发电的补贴力度，但仍然没有真正面对垃圾焚烧发电整体而言不是一种可再生能源利用的客观事实。即使280千瓦时/吨的补贴水平，仍然没有改变垃圾焚烧发电的补贴大部分给了非可再生能源资源电力生产，很小一部分给了低效的生物质废物电力生产的错误制度安排。

4.2. 垃圾焚烧发电损益分析

首先了解一下垃圾焚烧发电的成本。中国城市建设研究院院长徐文龙曾指出，我国垃圾焚烧发电的成本大致为80-90元/吨^[26]，

⁵ 并非所有的垃圾焚烧项目都有发电功能，但近年建设运营的垃圾焚烧项目大都配套发电设施。

而利用国外设备焚烧处理生活垃圾的成本较高，一般为120-150元/吨^[27]。这里的成本指的是垃圾焚烧发电的运营成本，若要同时考虑投资成本，则要计入初始投资的摊销、折旧和利息等方面。

然后分析一下垃圾焚烧发电的收入。2006年出台的《可再生能源发电价格和费用分摊管理试行办法》第七条提到：“生物质发电项目上网电价实行政府定价的，由国务院价格主管部门分地区制定标杆电价，电价标准由各省（自治区、直辖市）2005年脱硫燃煤机组标杆上网电价加补贴电价组成。补贴电价标准为每千瓦时0.25元。发电项目自投产之日起，15年内享受补贴电价；运行满15年后，取消补贴电价。自2010年起，每年新批准和核准建设的发电项目的补贴电价比上一年新批准和核准建设项目的补贴电价递减2%。发电消耗热量中常规能源超过20%的混燃发电项目，视同常规能源发电项目，执行当地燃煤电厂的标杆电价，不享受补贴电价。”

《试行办法》所述的0.25元可再生能源补贴由省区政府和财政部负担，分别为0.10和0.15元每千瓦时电量。不过大多数的焚烧厂都要延迟得到这部分补贴^[28]。

2012年出台的《关于完善垃圾焚烧发电价格政策的通知》进一步规范垃圾焚烧发电价格政策：“以生活垃圾为原料的垃圾焚烧发电项目，均先按其入厂垃圾处理量折算成上网电量进行结算，每吨生活垃圾折算上网电量暂定为280千瓦时，并执行全国统一垃圾发电标杆电价每千瓦时0.65元（含税）；其余上网电量执行当地同类燃煤发电机组上网电价。”

垃圾焚烧电厂除可获得卖电收入外，还能从政府直接收取垃圾处理费。不同垃圾焚烧技术获得垃圾处理费的标准不同。目前，循环流化床焚烧厂处理费大致为30-90元/吨，炉排炉焚烧厂处理费为50-150元/吨。由此可见，炉排炉较高的处理费收入可以抵消其相对较高的运营成本。

表 7：不同垃圾焚烧技术的处理收费水平^[29]

焚烧炉设备	处理收费水平
引进设备炉排炉	90-150元/吨
引进技术炉排炉	60-130元/吨
国产炉排炉	50-110元/吨
国产流化床炉	30-90元/吨

不同地区的垃圾处理收费差别很大。目前水平较高的有上海、广东、浙江等地，其中广东、浙江收费标准为120元/吨左右，苏锡

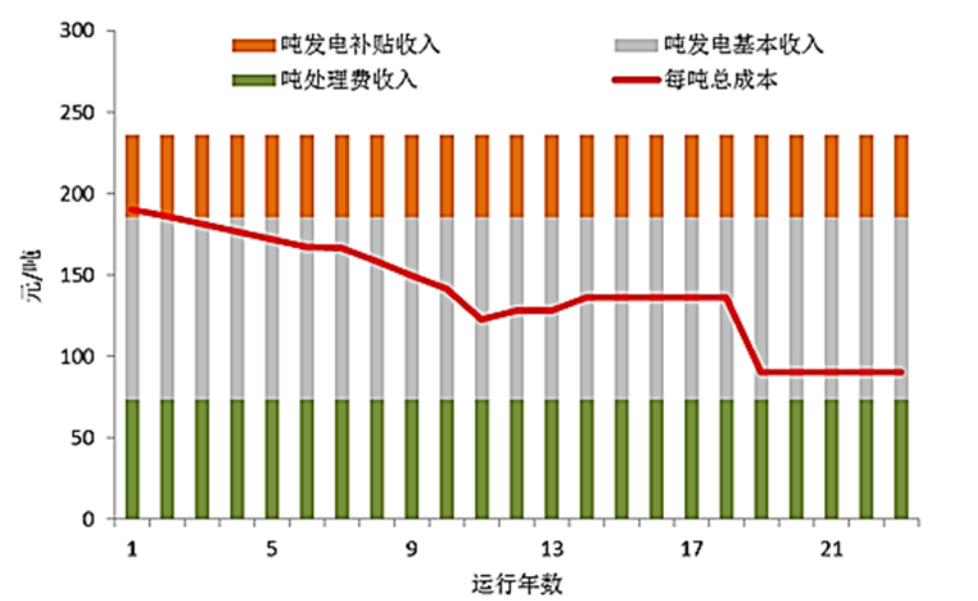
常地区每吨在70-98元，较低的有山东菏泽、安徽芜湖、海南（50元/吨）等地。

4.3. 案例：成都洛带垃圾焚烧发电厂

以成都洛带生活垃圾焚烧发电厂为例，总成本的计算来自于发电厂CDM项目设计文件相关数据表，考虑了初始投资摊销、折旧和利息。垃圾处理费为厂方直接提供的数据，即73.45元/吨；发电收入是根据每吨垃圾280

千瓦时的电量以及每千瓦时0.58元的电价计算⁶；项目的内部收益率（IRR）为8.7%，不过成本和收入都没有考虑到通胀的因素。计算后可得垃圾焚烧发电厂每吨垃圾发电收入为162.4元，其中包括112元的基本电价收入和50.4元的可再生能源补贴收入。

图 3：成都洛带垃圾焚烧发电厂的成本和收益



根据洛带焚烧发电厂的例子可以看出，每吨垃圾的总成本从最初的190元逐步降至20年后的90元，23年平均处理成本为140元/吨。而发电补贴占到了焚烧厂收入的21%，如果没有这个补贴，仅凭垃圾处理费并不能让焚烧厂具有经济性。这反过来说明，为使垃圾焚烧厂合理、安全运营，在取消“出师无名”的可再生能源发电补贴的同时，必须提高垃圾处理费的标准。

基于以上分析，本文可有两项推论。推论一，取消了错误补贴并不得不提高垃圾处理费的生活垃圾焚烧厂会明显增加市政部门的财政负担，这些部门或将追加相应的财政投入，或将更积极地考虑替代措施。同时，如果垃圾收费制度得到改革，垃圾产生者开始直接支付垃圾处理费的话（目前绝大多数城市的市民或单位仅直接负担垃圾清运费），

更环保、更低碳，同时也更经济的垃圾管理体系将会得到更多的民意支持。而这种体系的要素包括：大力预防垃圾的产生，减少产品有毒有害物质使用，落实垃圾分类投放和运输（特别是干湿分类），最终实现垃圾分类利用和处理。

推论二，如果错误补贴继续存在，它不仅降低了可再生能源发电补贴使用的效率，严重有损我国可再生能源发展政策的合理性和公正性，还变相地阻碍了上述更优的可持续垃圾管理体系的建立，因为有限的公共财政资源，若更多投入到彼此存在竞争的两套方案中的一套，就意味着对另一套会产生抑制。

⁶ 根据《试行办法》规定，成都洛带城市生活垃圾焚烧发电厂投产后，上网电价按每千瓦时0.583元执行。

5. 结论

可再生能源发电补贴对于中国能源系统的低碳转型有着非常重要的作用，但补贴应当用在刀刃上，即支持真正会在21世纪电力系统中起主导作用的低碳、清洁、可持续的可再生能源系统。

如本文所论证的，垃圾焚烧发电因所处理的垃圾含有大量非生物物质废弃物（至少30%），且生物物质废弃物燃烧对发电贡献比例很低（通常不到1/3），整体上不能被视作可再生能源。同时，相比其他能源利用或垃圾处理方式，它在清洁程度、原料可持续性，以及低碳和效率水平等方面，都处于下风。因此，目前中国政府部门对垃圾焚烧发电设施不加区分、不设条件地给予可再生能源发电补贴是缺乏科学依据的。

垃圾焚烧发电厂作为在短期内应对中国城乡生活垃圾大量产生、混合排放、无处消纳等困境的一种技术手段是客观存在的，且需要得到一定的资金支持才能弥补其必要的投资和运营成本。然而，错误地将支持可再生能源发展的电力补贴用来维系焚烧厂的运营，不仅影响了这一资金机制的效率和公平性，也会给社会和市场传递错误信号，即“垃圾处理得越多，获得的补贴越多”，进而刺激城市管理者 and 投资者建设运营更多垃圾焚烧厂。而已有的经验表明，焚烧厂一旦建起，未来二三十年的时间里它都需要稳定的垃圾供应来维持其运营，不可避免地会对垃圾减量和分类利用构成负面影响。这样的恶性循环一旦产生，不仅会使以最大限度减少混合垃圾处置量为目标的可持续的生活垃圾管理体系无法构建，也会使因垃圾处理而产生的温室气体排放无法得到有效减少，从而偏离中国政府致力于发展节约型经济、低碳经济、循环型经济的国家战略方针。

综上所述，本文郑重建议相关政府部门取消现行可再生能源发展政策中对生活垃圾焚烧发电给予的电价补贴，即目前统一标杆电价高于各地脱硫燃煤机组标杆上网电价的部分，同时开始积极考虑对更有利于减少温室气体排放、更清洁、更可持续的垃圾管理措施给予包括资金补贴在内的各方面支持，例如：建立生产者延伸责任制度、建立能够反映垃圾处理真实成本的收费制度、垃圾分类实践、以及基于分类的垃圾资源化利用技术，特别是生物物质废弃物的生化处理再利用。除此之外，本文建议国家发改委慎重考虑将垃圾焚烧发电列入《国家重点推广的低碳技术目录》。

附录：生活垃圾焚烧发电碳排放的修正计算

李欢等论文 [12]列出了计算生活垃圾焚烧发电碳排放的公式，如下：

$$E_{CO_2} = W \cdot CF \cdot OF \times (44/12)$$

其中， E_{CO_2} 为生活垃圾焚烧发电二氧化碳排放当量， W 为生活垃圾的质量， CF 为生活垃圾可燃碳含量， OF 为氧化因子，“44/12”为 CO_2 与 C 的分子量比。

依此公式计算的关键之处在于 CF 的取值。李欢等论文的原取值为18%，由生活垃圾中的可降解有机碳（DOC）的14%和作者估计的橡塑组分含碳量的4%相加得出。如表6注解所言，此取值在方法上与论文中其他垃圾处理方式碳排放估算不一致（DOC取自IPCC东亚缺省值，橡塑含碳量却为作者自己的估计），也不符合我国生活垃圾橡塑组分的实际（明显低估了其碳元素贡献），需要进行必要的修正。

修正方法就是沿用李欢等在论文中一直使用的IPCC《国家温室气体排放清单（2006年）》的相关缺省值来计算 CF 值，公式如下：

$CF = \sum CF_i = \sum (A_i \times B_i \times C_i)$ ； CF_i ：东亚生活垃圾各组分总碳占总体质量比； A_i ：生活垃圾各组分总碳含量占干重比； B_i ：生活垃圾各组分干物质含量占湿重比； C_i ：IPCC东亚生活垃圾组分比。

根据下表引用的IPCC相关缺省数据，计得东亚 CF 值为：0.2614，代入李欢等论文的公式，得出 E_{CO_2} 为0.815W。

表 8：东亚生活垃圾CF值计算

组分	i	各组分总碳含量占干重比 (A_i)	各组分干物质含量占湿重比 (B_i)	IPCC东亚生活垃圾组分比 (C_i)	各组分总碳占垃圾总体质量比 (CF_i)
纸张	1	0.46	0.9	0.188	0.077832
纺织品	2	0.5	0.8	0.035	0.014
食物垃圾	3	0.38	0.4	0.262	0.039824
木材	4	0.5	0.85	0.035	0.014875
橡胶	5	0.67	0.84	0.01	0.005628
塑料	6	0.75	1	0.143	0.10725
其他	7	0.03	0.9	0.074	0.001998
合计 (CF)					0.2614

数据来源：IPCC《国家温室气体排放清单指南（2006）》^[11]。

参考文献

- [1] 国家发展改革委, “国家发展改革委关于完善垃圾焚烧发电价格政策的通知 发改价格[2012]801号,” 发改委网站, 28 3 2012. [联机]. Available: http://www.nea.gov.cn/2014-09/29/c_133682178.htm. [访问日期: 1 11 2014].
- [2] 美国能源信息局, “美国能源信息局术语表[EB/OL],” EIA, U.S. Energy Information Administration, 2013. [联机]. Available: <http://www.eia.gov/tools/glossary/index.cfm?id=R>. [访问日期: 21 3 2014].
- [3] 国际能源署, “国际能源署术语表[EB/OL],” IEA, International Energy Agency, 2013. [联机]. Available: <http://www.iea.org/aboutus/glossary/>. [访问日期: 21 3 2014].
- [4] UNFCCC CDM Project, “Project 3837 : Chengdu Luodai Municipal Solid Waste Incineration Project,” 13 7 2010. [联机]. Available: <http://cdm.unfccc.int/Projects/DB/JQA1278478145.73/view>. [访问日期: 21 3 2013].
- [5] Swiss Centre for Life Cycle Inventories, “Ecolnvent Database,” 2010. [联机]. Available: <http://www.ecoinvent.ch/>. [访问日期: 21 10 2014].
- [6] 孙培锋, 李晓东, 池涌, 严建华, “城市生活垃圾热值预测的研究,” 能源工程, 5 2006.
- [7] 盛金良, 杨志强, 朱强, “餐厨垃圾生态循环综合处置方案初探,” 上海环境科学, 卷 28, 编号 6, p. 242–249, 2009.
- [8] Biomass Technology Group BV, “Sustainability Criteria and Certification Systems for Biomass Production,” DG TREN - EUROPEAN COMMISSION, Enschede, 2008.
- [9] B. Johnke, “Emissions from waste incineration,” Background paper for Expert meeting on good practice in inventory preparation: emissions from waste. IPCC/OECD/IEA National Greenhouse Gas Inventories Programme, TSU, Japan, 1999.
- [10] T. C. Chen 和 C. F. Lin, “CO₂ Emission from Municipal Solid Waste Incinerator: IPCC Formula Estimation and Flue Gas Measurement.,” *J. Environ. Eng. Manage*, pp. 9-17, 20 1 2010.
- [11] IPCC国家温室气体清单指南目录, “第5卷废弃物,” 2006. [联机]. Available: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/chinese/vol5.html>. [访问日期: 21 10 2014].
- [12] 李欢, 金宜英 和 李洋洋, “生活垃圾处理的碳排放和减排策略,” 中国环境科学, pp. 259-264, 31 2 2011.
- [13] A. H. Pandyaswargo, H. Onoda 和 K. Nagata, “Energy recovery potential and life cycle impact assessment of municipal solid waste management technologies in Asian countries using ELP model,” *International Journal of Energy and Environmental*, pp. 1-11, 5 10 2012.
- [14] S. Park, J. Choi 和 J. Park, “The Estimation of N₂O Emissions from Municipal Solid Waste Incineration Facilities: The Korea Case,” *Waste Management*, 卷 31, 编号 8, pp. 1765-1771, 8 2011.
- [15] IPCC; EPA, “IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories,” Geneva, 2006.

- [16] 中国清洁发展机制网, “中国区域电网基准线排放因子 附件2-BM计算说明和结果,” 国家发展和改革委员会应对气候变化司主办, 19 9 2013. [联机]. Available: <http://cdm.ccchina.gov.cn/Detail.aspx?newsId=41386&Tid=3>; [访问日期: 21 3 2014].
- [17] U.S.Environmental Protection Agency, “Clean Energy,” EPA, 23 5 2014. [联机]. Available: <http://www.epa.gov/cleanenergy/energy-and-you/affect/air-emissions.html>. [访问日期: 20 7 2014].
- [18] D. Zhang, S. Tanb 和 R. Gersbergc, “Municipal solid waste management in China: Status, problems and challenges,” *Journal of Environmental Management*, 卷 8, 编号 91, pp. 1623-1633, 8 2010.
- [19] Defra UK, “Incineration of Municipal Solid Waste,” 2 2013. [联机]. Available: <http://www.defra.gov.uk/publications/files/pb13889-incineration-municipal-waste.pdf>. [访问日期: 9 4 2013].
- [20] The Union of the Electricity Industry - EURELECTRIC, “EURELECTRIC,” 2013. [联机]. Available: <http://www.eurelectric.org/>. [访问日期: 2013].
- [21] CEWEP, “CEWEP Energy Report III, Results of Specific Data for Energy, R1 Plant Efficiency Factor and NCV of 314 European Waste-to-Energy (WtE) Plants,” 2012.
- [22] A. Jakobsen, “Environment minister calls for increased recycling and waste sorting,” the Copenhagen post, 26 8 2013. [联机]. Available: <http://cphpost.dk/news/environment-minister-calls-for-increased-recycling-and-waste-sorting.6554.html>. [访问日期: 20 10 2014].
- [23] J. Buley, “Denmark's carbon bomb,” the Copenhagen post, 8 4 2011. [联机]. Available: <http://cphpost.dk/news/denmarks-carbon-bomb.1181.html>. [访问日期: 20 10 2014].
- [24] Zero Waste Europe, “French Environment Minister Calls for an end to Incineration,” 3 7 2014. [联机]. Available: <http://tinyurl.com/ld5e4vq>. [访问日期: 20 10 2014].
- [25] 中国市场研究报告网, “可再生能源电价附加征收标准上调为每千瓦时8厘,” 20 12 2011. [联机]. Available: <http://www.ewise.com.cn/Industry/201112/nengyuan201015.htm>. [访问日期: 20 10 2014].
- [26] 晨兴环保集团, “”垃圾焚烧厂起争议, 源于透明度不够“,” 14 6 2011. [联机]. Available: <http://www.sunrise-env.com/show.aspx?id=1249&cid=11>. [访问日期: 20 10 2014].
- [27] 刘冰, “关于垃圾发电的研究,” 应用能源技术, 卷 6, 2010.
- [28] Standard Chartered, “China Waste-to-Energy,” 18 8 2012. [联机]. Available: https://research.standardchartered.com/configuration/ROW%20Documents/China_waste-to-energy__More_trash_for_cash_in_2013_17_08_12_19_01.pdf. [访问日期: 20 10 2014].
- [29] 曾维强、代丽萍, “政策支持推动垃圾发电进程,” 日信证券研究所, 北京, 2012.

REEI

Independence and Justice for Sustainability!

磐石环境与能源研究所

在程序正义和理性批判的环境决策机制下达成一个更加包容、公正和可持续的社会

地址：北京市顺义区后沙峪安富街8号

江山赋1号楼524-2 邮编：101318

电话：+86 (10) 61438032

网站：www.reei.org.cn

邮箱：info@reei.org.cn



微信公众号



微博公众号