

评级：看好

邹序元

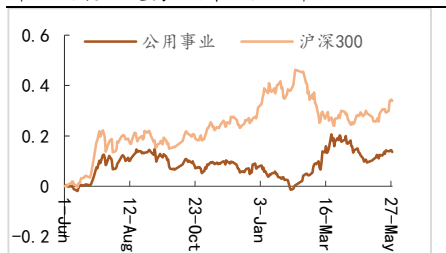
首席分析师

SAC 执证编号：S0110520090002

zouxuyuan@sczq.com.cn

电话：86-10-5651 1867

市场指数走势（最近1年）



资料来源：聚源数据

#### 相关研究

- 环保工程及服务行业简评报告\_智慧环保赋能碳中和
- 环保行业简评报告：基础设施公募REITs 启航
- 环保行业简评报告：城镇生活垃圾分类和处理设施发展规划落地

#### 核心观点

- **垃圾焚烧发电是城市生活垃圾处置的主要方式。**垃圾焚烧发电的市场规模快速增长，垃圾分类有助于末端处置。
- **垃圾焚烧发电的商业模型清晰。**垃圾焚烧发电的技术路径成熟，商业模式清晰，盈利可预见性强，市场化程度高。售电收入、垃圾处理费收入、折旧等刚性成本、耗材等变动成本是影响项目盈利的关键要素。
- **垃圾焚烧发电的营业收入对基准电价、电价补贴、CCER、垃圾处理费的变动敏感。**我国基准上网电价定价原则会逐步向市场化方向靠拢，预计未来一段时间，基准电价呈现向上趋势；电价补贴在 2020 年发生重大调整，但对项目全生命周期内的影响可控，且 CCER 和垃圾处理费变化可对冲影响；借鉴发达国家的垃圾收费制度及我国环境价值的市场化改革，我国居民垃圾收费制度需要更加市场化，垃圾焚烧发电的垃圾处理服务费应逐步提高。
- **垃圾焚烧发电的营业成本对设备投资的折旧、耗材成本的变动敏感。**国产焚烧设备的高性价比在与进口设备的竞争中取得明显优势，单位设备投资下降，预计主要国内机械炉排炉生产厂家仍将占据新增市场的主要份额。变动成本主要包括辅助燃料消耗、环保物耗、飞灰处理和渗滤液处理四部分，主要受能化商品价格变动影响。
- **CCER 对垃圾焚烧发电的盈利能力有积极贡献。**垃圾焚烧发电是环保领域参与碳排放交易最重要的细分领域，其 CCER 涉及的主要方法学为“多选垃圾处理方式”和“垃圾填埋气项目”。CCER 交易对垃圾焚烧发电有额外的盈利贡献。但是需要注意的是，不同项目的吨垃圾温室气体减排量有显著差异。焚烧项目所在的气候区会显著影响“甲烷基准线排放”，从而影响项目的 CCER 收益，南北方的项目差异明显。
- **投资建议。**短期看，2021-2022 年将是焚烧发电项目的密集投产期，垃圾焚烧发电产能进一步释放；中长期看，垃圾热值的提升和 CCER 交易将增加售电收入；各省（市、区）规划中的新增项目产能充足，垃圾焚烧发电行业仍具有较大市场空间。我们给与垃圾焚烧发电行业“看好”的投资评级，推荐瀚蓝环境、三峰环境、高能环境、首创环境等公司。
- **风险提示：**地方政府支付垃圾处理费的能力不达预期；售电收入下降；干湿垃圾分类导致进厂垃圾量过低；大宗化学品涨价导致环保物耗上升等。

## 目录

1 无废城市 .....	4
1.1 城市生活垃圾处置 .....	4
1.2 垃圾分类的积极影响 .....	5
1.3 垃圾焚烧发电是主要趋势 .....	5
1.4 垃圾焚烧发电规模快速增长 .....	6
2 垃圾焚烧发电商业模式清晰 .....	7
2.1 技术路径成熟 .....	7
2.2 盈利模型清晰 .....	9
2.3.1 收入端 .....	9
2.3.2 成本端 .....	9
3 垃圾焚烧发电营收要素分析 .....	11
3.1 电费收入 .....	11
3.1.1 吨垃圾发电量 .....	11
3.1.2 燃煤火电基准电价 .....	12
3.1.3 垃圾焚烧发电的电价补贴 .....	12
3.1.4 基于最新政策的售电收入测算 .....	13
3.2 垃圾处理费收入 .....	14
3.2.1 垃圾焚烧处理量 .....	14
3.2.2 垃圾处理服务费和计量收费制度 .....	15
4 垃圾焚烧发电成本要素分析 .....	16
4.1 刚性成本 .....	17
4.2 变动成本 .....	18
5 垃圾焚烧发电与 CCER .....	19
5.1 碳排放权交易 .....	19
5.2 垃圾焚烧发电参与 CCER .....	20
5.3 项目间的减排量核证差异显著 .....	20
5.3.1 垃圾焚烧发电可实现温室气体（GHG）减排 .....	20
5.3.2 减排量通过方法学测算 .....	21
5.3.3 焚烧项目所在的气候区显著影响减排量 .....	22
5.4 CCER 对垃圾焚烧发电盈利的贡献 .....	25
6 投资建议 .....	27
7 重点公司 .....	27
8 风险因素 .....	28

## 插图目录

图 1：城市生活垃圾处理产业链 .....	4
图 2：垃圾分类产业链及处理路线 .....	5
图 3：2019 年我国典型省市生活垃圾无害化处理量比例 .....	6
图 4：生活垃圾焚烧无害化处置规模 .....	7
图 5：生活垃圾焚烧处理工艺流程图 .....	7
图 6：垃圾焚烧发电营收要素 .....	11

图 7: 垃圾焚烧项目售电收入.....	14
图 8: 全国在运行餐厨垃圾处理厂设计处理能力统计.....	14
图 9: 卡万塔公司垃圾处理量与处理服务费单价.....	15
图 10: 垃圾焚烧发电项目经营成本占比.....	17
图 11: 垃圾焚烧发电处理规模与投资额 (以光大环境目前在建项目为例).....	17
图 12: 不同处理规模的吨垃圾投资额大致相同.....	18
图 13: 垃圾分类后环保物耗消耗量下降 (以广州某焚烧厂为例).....	19
图 14: 生活垃圾焚烧发电项目温室气体减排量计算方法.....	22
图 15: 焚烧项目吨垃圾核证减排量与厨余垃圾降解速率成正相关.....	25
图 16: CCER 价格对售电收入的增厚贡献.....	26
图 17: 垃圾处理费与 CCER 交易联合应对补贴退坡.....	27

## 表格目录

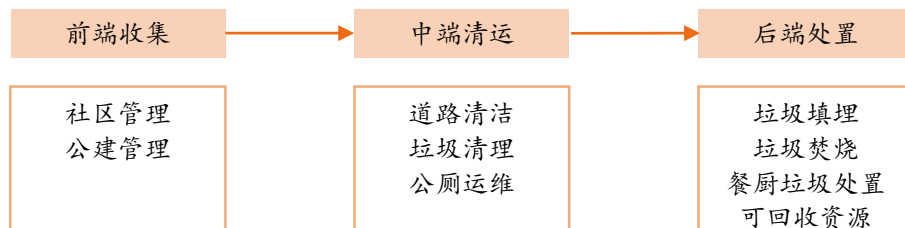
表 1: 垃圾发电厂流化床和炉排炉的技术经济性对比分析.....	8
表 2: 典型垃圾焚烧发电成本效益分析.....	10
表 3: 我国生活垃圾焚烧发电补助资金新旧政策对比.....	12
表 4: 生活垃圾计量收费方式及其特点.....	15
表 5: 发达国家垃圾生活垃圾收费制度历程及典型措施.....	16
表 6: CCER 涉及的主要方法学种类.....	20
表 7: 焚烧项目的每吨垃圾温室气体减排量有较大差异.....	21
表 8: “甲烷基准线排放”的吨垃圾温室气体排放差异最大.....	23
表 9: 三个项目中“甲烷基准线排放”的变量值.....	24
表 10: 不同项目中可降解有机碳的质量分数 $DOC_j$ 相同.....	24
表 11: 不同项目中的垃圾降解速率 $k_j$ 有较大差异.....	24
表 12: 垃圾处理费与 CCER 收入协同对冲补贴退坡的方案.....	26

# 1 无废城市

## 1.1 城市生活垃圾处置

“无废城市”是推进固体废物减量化和资源化利用，最大限度减少填埋量，将固体废物对环境的影响降至最低的城市发展模式。城市生活垃圾处置是焦点。

图 1：城市生活垃圾处理产业链



资料来源：首创证券

### 前端收集

社区管理（物业权责）。物业公司负责社区管理，但是其对垃圾分类收集没有内生动力，需要政府强制规定。

### 环卫转运

环卫服务主要是道路清洁、垃圾清理和公厕运维三项工作。市场规模的测算是，道路清扫保洁面积\*清扫费用；生活垃圾清运量\*清运费；公厕数\*管理费用。根据住建部发布的《城乡建设统计年鉴》的数据进行测算，每年城市环卫服务市场规模超过 1300 亿元。环卫是轻资产运营模式，也是人工密集型行业，经营挑战是人员管理及管理效率。当前，环卫行业的市场化程度低，格局分散，专业化程度低，经营效率低。环卫机械设备是进行环卫机械化作业的主要工具，是国家环境卫生事业持续发展不可或缺的基础设施之一。环卫设备主要包括垃圾收集设备、环卫清洁设备、垃圾收转装备和垃圾处理装备四大类。随着我国城镇水平不断提高，垃圾无害化处置要求增高，国家加大对环卫设备的更新优化的支持力度，国家有关部门下发文件把城市生活垃圾处理技术和成套设备确定为重点发展的高技术产业领域，环卫装备的水平和更新换代仍将持续，加上新能源和垃圾分类对产销量的刺激，环卫车以及环卫设备的需求也会进一步增加。

### 末端处置

垃圾无害化处理、有机垃圾处置、可再生资源回收利用。根据国家统计局的数据，2018 年，有 52% 的生活垃圾采取卫生填埋的方式进行处理，45% 以焚烧的方式处理，3% 采用堆肥或其他方式。垃圾焚烧发电增长较快，但面临的主要问题是运营阶段的盈利能力低。垃圾发电运营阶段，收入端因素是垃圾量、发电量、处理费、上网电价、电价补贴，成本端因素是燃料成本（垃圾热值相关）、折旧等刚性成本。垃圾量和垃圾热值与垃圾分类效果、垃圾收集、转运量正相关。

除无害化处置外，城市生活垃圾资源化回收再利用是循环经济的重要一环。从类型来看，再生资源主要包括三大类：金属类再生资源、非金属类再生资源和废旧电子电气机械设备。随着再生资源行业趋向规范化发展，市场竞争愈发激烈，企业规模化不断扩大，能力较弱的小型作坊式企业正面临淘汰。

“互联网+再生资源”创新回收模式。随着互联网技术的飞速发展，传统废品回收行业通过大数据、人工智能和物联网等现代信息技术，建立便捷高效的再生资源回收交易服务平台，使供需双方能够快速获得信息匹配，完善再生资源回收体系，推动再生资源交易向线上线下结合的转型升级。

## 1.2 垃圾分类的积极影响

从2019年我国实施生活垃圾强制分类以来，全国46个重点城市陆续开展强制源头分类试点工作，相应的在生活垃圾处置产业链也发生了一些变化，具体体现在：

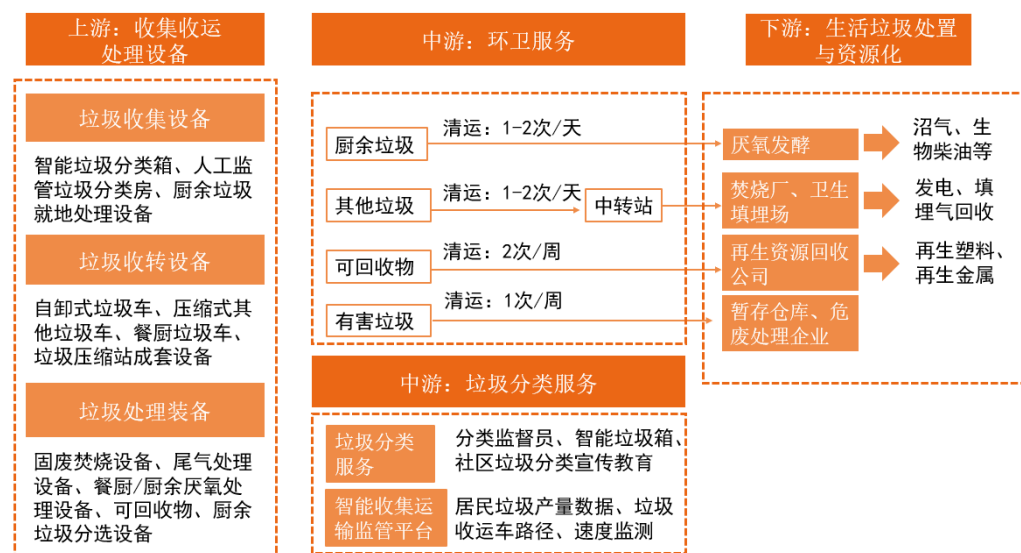
(1) 智能收集垃圾桶涌现。为培养居民的分类习惯，市场新兴了许多基于图像识别和射频识别的智能垃圾收集箱、基于人工监管的垃圾分类房以及厨余垃圾就地处理设备。

(2) 垃圾收运车次增加。实施垃圾分类后，收运设备有原来单一的垃圾混装混运变为厨余和其他垃圾分类收运。

(3) 新增垃圾分类服务外包项目。通过政府购买服务的形式，环保公司在试点小区内安放垃圾分类收集设备，定期组织分类宣传教育活动以提高居民的分类意识，并聘用分类监督员引导、监管居民的垃圾分类行为，帮助居民养成垃圾分类习惯。同时建设智能收集收运监管平台，收集居民的垃圾投放和垃圾收运车信息。

垃圾分类有助于末端的分类处置。

图 2：垃圾分类产业链及处理路线



资料来源：首创证券

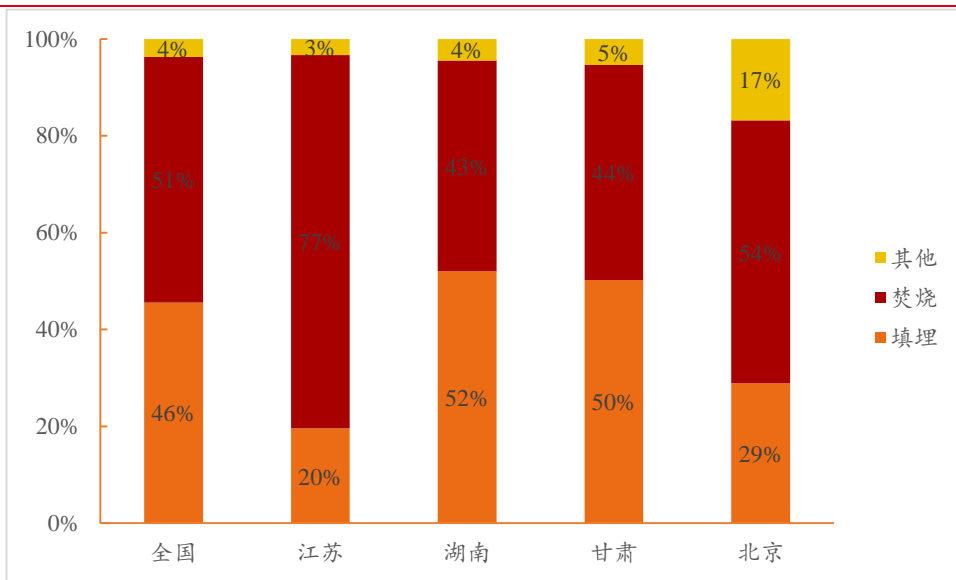
## 1.3 垃圾焚烧发电是主要趋势

我国生活垃圾常用的处置技术有：卫生填埋、焚烧、堆肥等。在生活垃圾处置方式

中，填埋虽然处理成本低，技术简单，但占用大量土地资源。焚烧对垃圾减量化的效果明显，并与能源回收有机结合。我国不同省市的填埋和焚烧处置比例差距较大，东部沿海和北京等经济发达地区焚烧处置比例相对较高，高于全国平均的焚烧比例；而西北欠发达地区仍主要以填埋为主（ $\geq 50\%$ ）。

从产业趋势上，垃圾焚烧发电和资源化利用是主要发展方向。

图 2：2019 年我国典型省市生活垃圾无害化处理量比例



资料来源：国家统计局，首创证券

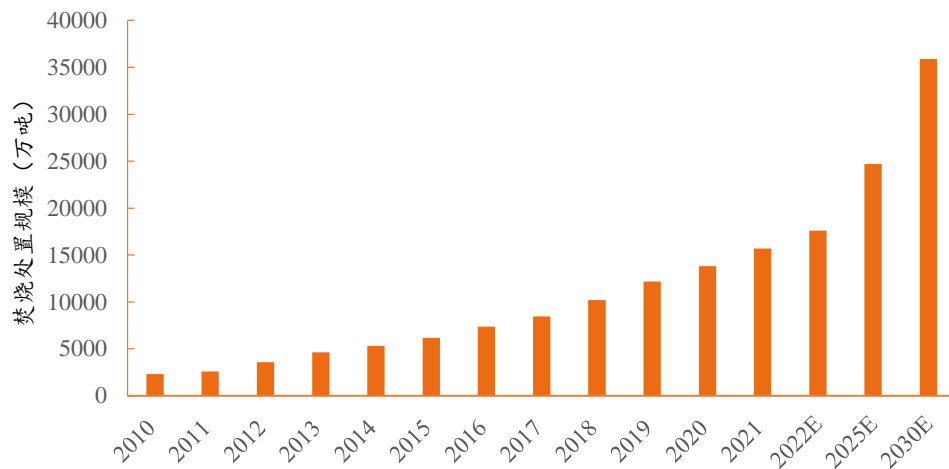
## 1.4 垃圾焚烧发电规模快速增长

根据《“十三五”全国城镇生活垃圾无害化处理设施建设规划》，到 2020 年底，具备条件的直辖市、计划单列市和省会城市要实现原生垃圾“零填埋”，全国城镇生活垃圾焚烧处理设施能力占无害化处理总能力的 50% 以上，其中东部地区达到 60% 以上。垃圾焚烧工程不仅在规模上得到了增长，同时在焚烧技术、烟气净化系统和市场经济模式上也发生了深刻变化，以逐渐适应我国垃圾特点和社会需求。随着垃圾分类的推进，我国垃圾处理格局也将逐步从能量回收型向资源回收型转变。

在政策支持和实际需求双轮驱动下，我国垃圾焚烧发电规模快速发展，垃圾焚烧量从 2010 年的 2317 万吨发展到 2019 年的 12174 万吨。垃圾焚烧量占无害化处理总量的比例从 2010 年的 19% 发展到 2019 年的 51%。

目前已有 17 个省、自治区、直辖市推出垃圾焚烧处理中长期规划，设定 2020 年近期任务目标，以及 2030 年远期目标。预计到 2022 年焚烧量将达到 17600 万吨，比例将超过 62%，填埋比例将降至 32%。而 2030 年焚烧比例将进一步提升至 82%，其中，海南、浙江、福建、江苏地区焚烧处理比例预计可以达到 100%、100%、93% 和 85%。届时，我国将基本建成垃圾焚烧型社会，实现原生垃圾“零填埋”。

图 3：生活垃圾焚烧无害化处置规模



资料来源：国家统计局，首创证券

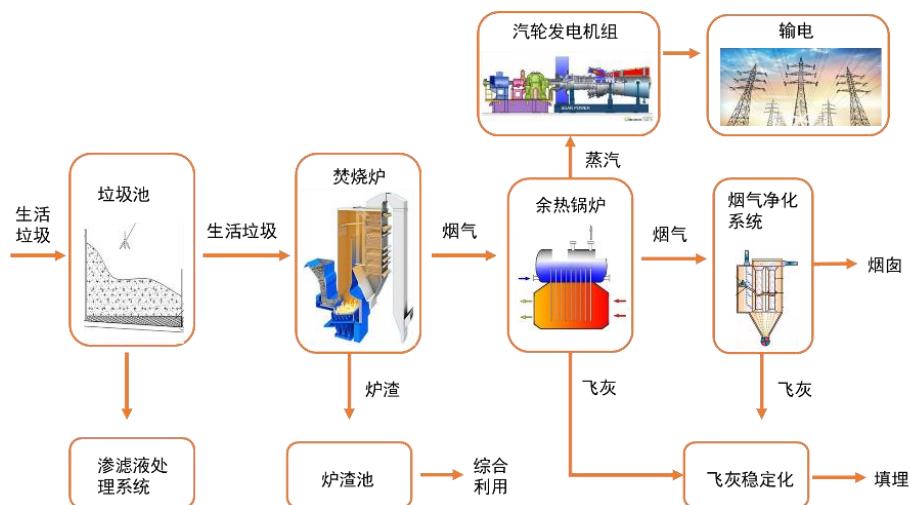
## 2 垃圾焚烧发电商业模式清晰

在“碳达峰、碳中和”和垃圾分类的双重背景下，垃圾焚烧发电将成为最重要的垃圾处理方式。垃圾焚烧发电的特点鲜明，可以避免填埋处置产生填埋气而形成的温室气体，可以通过焚烧生物质热电联产来替代化石燃料实现资源化利用，可以实现垃圾减量化。从商业角度看，垃圾焚烧发电的商业模式清晰，盈利可预见性强，市场化程度高。

### 2.1 技术路径成熟

垃圾焚烧处理技术是利用垃圾中的可燃组份燃烧，进行垃圾减容的成熟技术。垃圾焚烧发电的工艺流程主要由垃圾储存、垃圾焚烧、余热发电、烟气处理、废水处理、飞灰处理六大部分组成。

图 4：生活垃圾焚烧处理工艺流程图



资料来源：首创证券

垃圾焚烧发电的核心环节/设备是焚烧炉。目前国内外应用较多、技术比较成熟的生活垃圾焚烧炉炉型主要有机械炉排炉、流化床焚烧炉、回转窑焚烧炉、热解焚烧炉、等离子气化技术等五类。

### (1) 流化床焚烧炉

垃圾焚烧行业发展初期，由于我国垃圾组分复杂、含水率高及热值低等原因，国外引进的炉排炉焚烧技术适应性差和成本高昂，国内自主研发的流化床焚烧技术应运获得高速发展。但相比于炉排炉，流化床焚烧炉运行稳定性尚不足，飞灰多，停炉频次高且单炉处理能力低，劣势凸显，因此在我国的市场份额逐渐降低。

### (2) 机械炉排炉

机械炉排炉采用层状燃烧技术，具有对垃圾的预处理要求不高、对垃圾热值适应范围广和运行相对稳定等优点。机械炉排炉已经成为绝对的市场主流炉型。截止到 2020 年 1 月，全国已运行垃圾焚烧厂 492 座，涉及 1202 台焚烧炉，主要炉型为机械炉排炉和循环流化床。其中，机械炉排炉台数占比超过 86%，只有不到 14% 的炉型为循环流化床。按照处理量分析，全国机械炉排炉合计处理能力超过 48 万吨每日，循环流化床合计处理能力仅为 7 万 1 千吨左右每日。我们通过对流化床和炉排炉垃圾焚烧技术运行特点对比分析，可以更好地理解两种焚烧发电主流技术的经济性和成本差异。

通过对国内垃圾发电厂流化床和炉排炉的技术经济性分析对比可知，炉排炉技术在年运行小时、综合厂用电率、锅炉效率等经济技术指标方面均取得明显优势，虽然炉排炉的投资成本要高于流化床，但随着炉排炉的国产化，两种技术的投资成本差异不断缩小。

表 1：垃圾发电厂流化床和炉排炉的技术经济性对比分析

比较因素	炉排炉	循环流化床
单台处理能力	500 吨以下、500~800 吨和 800 吨以上炉型均有	100~600 t/d 系列产品
年运行小时数	7800 小时以上	6000-7000 小时
连续运行时间	4~6 个月	2 个月左右
锅炉效率	75~85%	70%
综合厂用电率	18%	30%
风机系统厂用电率	约 7%	约 12%
增加送风量以达到 CO 排放标准	无需增加，已达标	3%~5%
炉内温度	850~1100°C	800~900°C
飞灰量	约为入炉垃圾量的 3%~5%	约为入炉垃圾量的 10%~15%
投资成本	35~45 万元/吨垃圾	25~30 万元/吨垃圾



资料来源：《垃圾发电厂流化床和炉排炉 2 种技术路线的技术经济性分析，2019，锅炉技术》，首创证券

### (3) 回转窑焚烧炉

回转窑焚烧炉的燃烧机理与水泥工业的回转窑相类似，主要由一倾斜的钢制圆筒组成，垃圾由入口进入筒体，并随筒体的旋转边翻转边向前运动，垃圾的干燥、着火、燃烧、燃烬过程均在筒体内完成。回转窑常用于成分复杂、有毒有害的工业废物和医疗垃圾，在生活垃圾焚烧中应用较少。

### (4) 热解焚烧炉

热解焚烧炉是指在缺氧或非氧化气氛中以一定的温度(500°C—600°C)分解有机物，有机物将发生热裂解过程，使之变成热分解气体(可燃混合气体)，再将热分解气体引入燃烧室内燃烧，从而分解有机污染物，余热用于发电、供热。热解技术使用范围广，可用来处理多种垃圾。此技术应用要求垃圾热值较高，后续热解气的特性(热值，成分等)受垃圾特性影响较大，所以燃烧控制难。

### (5) 等离子气化技术

等离子气化技术是利用等离子体的高温高能，在气化剂的辅助作用下，将垃圾废物进行高温气化和熔融。等离子气化温度一般为 1500°C 左右，无二恶英产生，排气符合最严格排放标准限值；发电效率高达 39%，远高于焚烧法（小于 22%）；处理后的固废量仅为处理前的 10%，无飞灰、无残渣、无需二次填埋处理，无害玻璃体炉渣可作建筑材料；可以处理生活垃圾、化工废物、医疗废物等多源有机固废，有望将成为未来垃圾处理领域新的发展趋势。等离子体工艺稳定性和等离子体电耗是阻碍等离子体气化技术发展的两大问题。目前工业化应用还处于前期阶段，技术可靠性和经济性有待进一步提高。国内等离子体气化技术起步较晚，但发展很快。中科院力学研究所和中国科技大学等都已经进行项目示范。

## 2.2 盈利模型清晰

### 2.3.1 收入端

运营收入包括售电收入和垃圾处理费收入。

(1) 售电收入：利用垃圾焚烧产生热能进行发电，替代以火力发电为主的电网同等电量，电网企业和国家可再生能源基金会支付一定的售电收入。

(2) 垃圾处理费：生活垃圾处理费收入是地方政府根据垃圾处理量支付的处理费用，不同省份地区的吨垃圾处理费差异较大。

### 2.3.2 成本端

#### (1) 刚性成本

项目刚性成本一般包括折旧、人工成本和设备维修费。

折旧：与项目投资金额相关。

人工成本：主要指为生产及管理人员支付的工资、福利费、社保及公积金、工会经费及职工教育经费等；以我国平均单厂理规模 1000 t/d 为例，员工数为 100 人左右，工人工资 10 万元/年，共计 1000 万元/年。

设备维修费：维修费主要是对建筑物、设备设施等进行日常维护及定期大修理发生的费用，主要包括维修用备品备件及维修劳务费，假设按总投资额的百分比3%计算。

## (2) 变动成本

变动成本一般包括辅助燃料消耗、对焚烧产生的“气、固、水”三废的处理费用。

外购燃料动力费：焚烧炉启炉期间以及为提高垃圾焚烧热值需耗用外购天然气或煤、柴油汽油等燃料。

环保物耗：焚烧项目以无害化处理生活垃圾为主要目的，在运营过程中为了使烟气处理达到国家环保排放标准，需耗用大量的氢氧化钙、氨水、活性炭等。此外，生产过程中需耗用外购水资源。

飞灰：指焚烧处理后，形成的飞灰外运至安全填埋场的处理费用，包括飞灰运输费等。对于焚烧产生的灰渣，1t生活垃圾约产生200-250kg炉渣，常用于初级建材，没有进入填埋场的处理费，只有运输费用，成本可忽略不计。

渗滤液处理：指堆放在贮坑内3-7天的垃圾在受到挤压后排出的自身内含水及其酸性发酵产生的废水。此类废水有机组成复杂，含大量的多环芳烃、酚类和苯胺类化合物等难降解有机物，且浓度较高，常用生化法和膜处理工艺。

表 2：典型垃圾焚烧发电成本效益分析

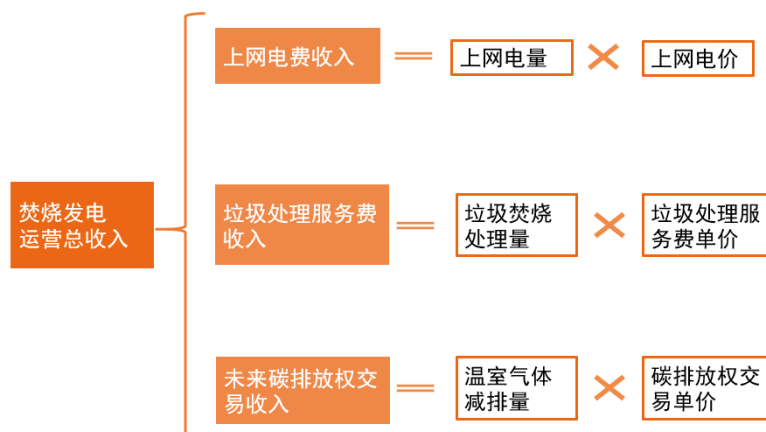
项目参数	行业典型值	数值来源	未来变化
规模 (t/d)	1000	2018 年的平均单厂处理规模为 1101 t/d	持续增加
平均垃圾处理费 (元/吨)	70	行业中位数值	上调以对冲电价补贴退坡。
吨垃圾发电量 (KWH/吨)	300	行业中位数值	随着垃圾分类进行会热值增加，吨发提高。
原火电平均标杆电价 (元/度)	0.40	行业中位数值	煤电的电价成本将会上升；燃煤电价趋于市场化。
原补贴电价 (元/度)	0.65	行业中位数值	基于“项目全生命周期合理利用小时数”的新政，补贴退坡。
单位折旧费 (百万元/年)	18	——	炉排炉在年运行小时、综合厂用电率、锅炉效率等经济技术指标方面均优于循环流化床。
厂总投资额 (百万元)	360	陕西蒲城县 1000 吨/日生活垃圾焚烧发电厂项目核准前公示	
使用年限(年)	20		
人工成本 (百万元/年)	10	——	
工人数	100	依据《河南省城市生活垃圾处理场劳动岗位定员标准》，对于焚烧厂，II类日处理能力 600-1200t/d,工人数 80-120 人，依据处理能力和人数等比换算 1000 吨/天工人数，为 100 人。	——
工人工资 (万元/年)	10	行业中位数值	
设备维修费总计 (百万元)	10.8		炉排炉的投资成本高于循环流化床，但随着炉排炉的国产

占总投资额的百分比	3%	行业中位数值	化，成本在不断缩小。
辅助燃料消耗 (元/吨)	12.9	700 吨/天的焚烧厂满负荷运行，每年消耗柴油（汽油）549 千升/年，按 6000 元/千升，进而换算出辅助燃料的吨消耗；	垃圾干湿分离后，入炉垃圾热值提高，辅助燃料消耗减少。
环保物耗（水、石灰、活性炭、氨水等）(元/吨)	16.2	以 700 吨/天的焚烧厂满负荷运行为例，年用水量 63 万吨，水价按照 0.6 元/吨，算出水的吨耗费 1.5 元/吨；其他材料费 375 万元，吨耗费 14.7 元/吨；	垃圾干湿分离后，酸性气体排放减少，环保物耗下降。
<b>变动成本</b> 飞灰 (元/吨)	38.8	飞灰量计算：炉排炉飞灰产生量占垃圾焚烧量的 3% ~5%，流化床飞灰产生量占比高达 10% 以上，2018 年底炉排炉市场份额达到 80.9%，故以炉排炉为计算标准，取中值 4%； 飞灰处理价格：送至危险废物填埋场为例，飞灰处置费 900 元/吨，运输费 70 元/吨，共 970 元/吨；	垃圾干湿分离后，飞灰产量下降。
渗滤液处理成本 (元/吨)	5.15	渗滤液量：预计渗滤液产生量为 3%~5%，取中间值 4%。 渗滤液处理价格：某渗滤液处理站设计规模为 500 m3/d，采用膜法工艺，无厌氧，无反渗透，加和耗材、人工、利润，总成本为 128.75 元/m3	垃圾干湿分离后，垃圾的含水率下降，渗滤液的产生量降低。

资料来源：公开资料整理，首创证券

### 3 垃圾焚烧发电营收要素分析

图 5：垃圾焚烧发电营收要素



资料来源：首创证券

#### 3.1 电费收入

##### 3.1.1 吨垃圾发电量

焚烧厂入炉垃圾中湿垃圾的湿基含量下降，导致进场垃圾的含水率下降，吨垃圾的

热值升高，根据《生活垃圾焚烧处理工程技术》的相关测算，含水率每降低 1%，垃圾低位热值提高约 158~175 kJ/kg，产生的残渣量将减少。近 5 年，垃圾焚烧项目的吨垃圾发电量呈上升趋势，入炉垃圾的发电量从每吨 420 度提高到 490 度，进厂垃圾的上网发电量从每吨 265 度增加到 300 度，未来随着干湿垃圾分类进行，仍有一定的上升空间。

### 3.1.2 燃煤火电基准电价

燃煤电价市场化趋势。2019 年 10 月，发改委将燃煤发电标杆上网电价机制改为“基准价+上下浮动”的市场化价格机制，“自 2020 年 1 月 1 日起，基准价按当地现行燃煤发电标杆上网电价确定，浮动幅度范围为上浮不超过 10%、下浮原则上不超过 15%。”在新机制下，下游的电力需求也可以影响电价，如果电力供大于求，电价下降；电力供应紧张，电价就会上调。此次出台的政策进一步兼顾上下游波动，结合了煤炭价格和电力市场状况。

基准电价变化对垃圾焚烧发电的综合电价和盈利能力有影响。我们以卡万塔公司为例，观察美国电力市场化定价及公司如何在市场化电价下维持营收稳定。从 2015 到 2018 年，卡万塔垃圾发电的上网电价从 0.037 美元/千瓦时降至 0.027 美元/千瓦时，电力及蒸汽销售收入减少；同时，公司提高了垃圾处理服务费，约从 63 美元/吨提升到 67 美元/吨。在市场化机制运作下，通过市场化上网电价和垃圾处理服务费的联动机制，以维持总利润不发生大波动。

我国基准电价定价原则会逐步向市场化方向靠拢。在碳达峰、碳中和的目标约束下，以煤炭为主的电力势必进行结构转型，带来煤电电价中发电成本、电力消纳成本、碳成本的结构变化。随着光伏、风电平价上网的推进，新能源占比将稳步提升，最终在我国形成并实现以新能源为主的新型电力系统。我们预计，未来一段时期，基准电价整体呈现向上趋势。

### 3.1.3 垃圾焚烧发电的电价补贴

电价补贴是垃圾焚烧发电项目的重要收入来源。2012 年颁布的《可再生能源电价附加补助资金管理暂行办法》和其他有关垃圾焚烧发电的政策确定了“280kwh、0.65 元/kwh”的发电上网补助标准，无疑是本行业最具“里程碑”意义的制度，对我国垃圾焚烧发电行业的发展起到了决定性的作用。2020 年 1 月，国家财政部联合多部委对上述政策进行了更新，颁布了《可再生能源电价附加补助资金管理办法》，去掉了 2012 年政策名称中的“暂行”，并在此后出台了系列政策对焚烧发电补贴条件进行了重新定义。

新政下，补贴部分的总电量减少。2012 年《暂行办法》按入厂垃圾处理量折算成上网电量进行结算，每吨垃圾上网电量 280kwh 内，按 0.65 元/kwh 补贴，补贴无项目年限和小时数限制；而 2020 年《办法》对发电补贴总电量限制为“项目容量×项目全生命周期合理利用小时数”且项目需并网起未满足 15 年，按 0.65 元/kwh 补贴。

表 3：我国生活垃圾焚烧发电补助资金新旧政策对比

要点	旧政	新政
相关政策	2012 年《可再生能源电价附加补助资金管理暂行办法》、《关于完善垃圾焚烧发电价格政策的通知》	2020《可再生能源电价附加补助资金管理办法》、《完善生物质发电项目建设运行的实施方案》、《关于促进非水可再生能源发电健康发展的若干

意见》		
<b>名称</b>	有“暂行”	去掉了“暂行”
<b>预算制度</b>	财政部、国家发改委、国家能源局联合制定	财政部、国家发改委、国家能源局联合制定
<b>原则</b>	以收定支	
<b>补助资金来源</b>	可再生能源电价附加收入筹集	可再生能源电价附加收入筹集
<b>项目区分</b>	无区分，统一为生活垃圾为原料的垃圾焚烧发电项目	划分为“新增项目、存量项目”两大类； 新增项目：财政部定资金总盘子，发改委、能源局切块； 存量项目：按流程纳入清单
<b>补助条件</b>	按其入厂垃圾处理量折算成上网电量进行结算，无项目年限和小时数限制	发电项目自并网起未滿 15 年，且生命周期小时数 82500 小时内，享受补贴
<b>补助标准</b>	1. 每吨垃圾上网电量 280 kwh 内，按 0.65 元/kwh 补贴	1. 补贴总电量：项目容量×项目全生命周期合理利用小时数。 2. (电网企业收购价格 - 燃煤发电上网基准价) / (1+适用增值税率)，电网企业收购价格 0.65 元 / k Wh；
<b>超量部分</b>	其余上网电量执行当地同类燃煤发电机组上网电价。	其余上网电量执行当地同类燃煤发电机组上网电价，核发绿证准许参与绿证交易。
<b>申报程序</b>	从下至上，企业→地方政府→中央政府，逐级申报	先从上至下，按“以收定支”原则，确定总盘子； 再从下至上，企业→地方政府→中央政府，逐级申报
<b>资金拨付</b>	中央政府→电网企业/地方政府→发电企业	中央政府→电网企业/地方政府→发电企业

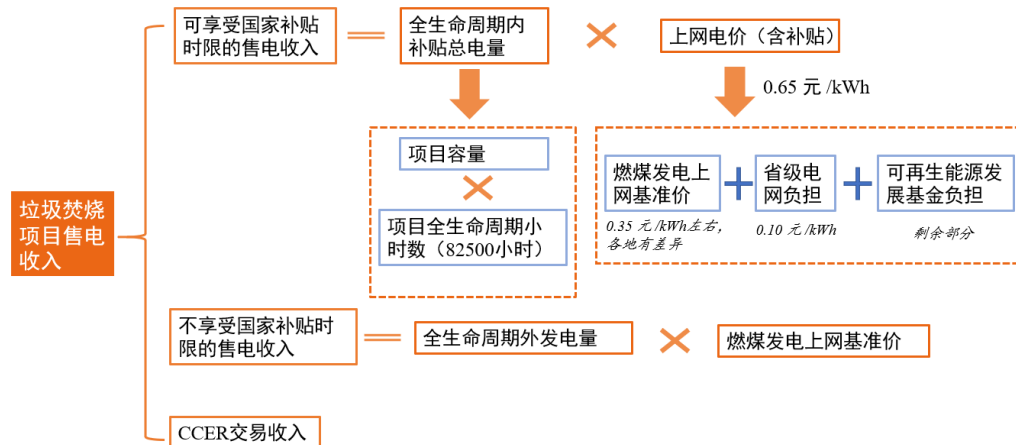
资料来源：《中国垃圾焚烧发电政策回顾与分析，2020，环境卫生工程》，首创证券

### 3.1.4 基于最新政策的售电收入测算

国家印发《关于促进非水可再生能源发电健康发展的若干意见》有关事项的补充通知，确定了垃圾发电项目“全生命周期合理利用小时数为 82500 小时”和“自并网之日起滿 15 年后，不再享受中央财政补贴资金，只参与绿证交易”的国家补贴限制。以往基于“280kwh、0.65 元/kwh”的售电收入计算模型已经不再适用，因此我们结合最新政策给出了焚烧发电售电收入的测算依据。

售电收入=可享受国家补贴时限的售电收入+不享受国家补贴时限的售电收入+绿证交易收入（或 CCER 交易收入）。

图 6：垃圾焚烧项目售电收入



资料来源：首创证券

### 3.2 垃圾处理费收入

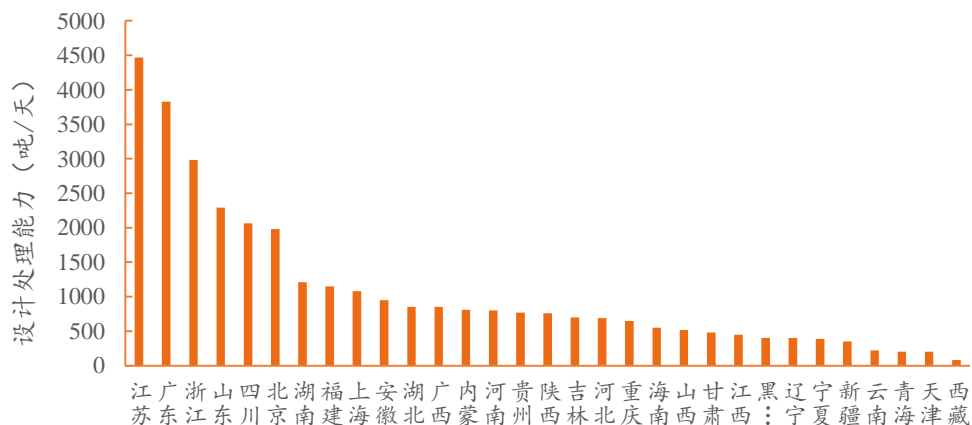
垃圾处理服务费由垃圾焚烧处理量和吨垃圾处理服务费决定：

垃圾处理费收入=垃圾焚烧处理量×吨垃圾处理费

#### 3.2.1 垃圾焚烧处理量

短期内垃圾进厂量不变。虽然进行垃圾干湿分类后，湿垃圾会被分离单独处置，但短期内焚烧厂的垃圾量不会减少。因为我国餐厨垃圾平均产生量为 32 万吨/天，而截止到 2020 年 6 月，全国已运行的餐厨垃圾处理厂设计能力仅约为 3 万吨/日，以厌氧消化为主的湿垃圾处理量远低于产生量，厌氧发酵设施不能完全地满足湿垃圾分类处置。

图 7：全国在运行餐厨垃圾处理厂设计处理能力统计



资料来源：中国固废网，首创证券

长远来看，推行干湿分离对焚烧厂的影响在于进厂垃圾量的下降。若未来末端处理设施能完全满足湿垃圾的厌氧发酵处理，则焚烧处理量将仅剩干垃圾，以及少量设施二

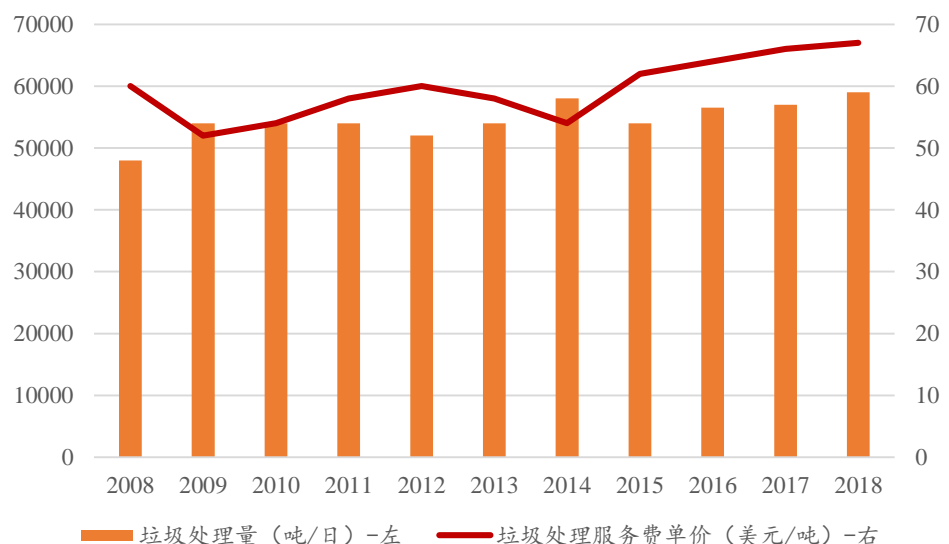
次分拣的垃圾。如果进场垃圾量远低于焚烧厂的设计处理能力，则会对上网发电量产生较大影响，进而影响盈利能力。

### 3.2.2 垃圾处理服务费和计量收费制度

城市生活垃圾收费政策是环境经济政策的重要组成部分。实行生活垃圾处理收费体现了污染者付费原则，即通过市场机制，使排污者承担治理污染源、消除环境污染的费用，从而将环境成本纳入各级经济分析和决策。美国固废行业整体的费用流通链条是：居民缴纳垃圾处理费——环卫公司/政府收到费用并支付一定金额给末端处置机构——填埋场/焚烧厂收费。整个链条的核心在于垃圾处理收费制度的健全。根据卡万塔的数据，美国目前实施垃圾计量收费制度的 1200 个城市，每户居民根据当地政府的实施细则需缴纳 40-50 美元/月的垃圾清运费。

作为全球垃圾焚烧发电最大规模的卡万塔，其每年的垃圾处理量维持稳定状态，垃圾处理服务费单价均在 50 美元/吨的水平之上，且近年来呈现上升趋势。公司主要收入来源为垃圾处理服务费，2018 年垃圾处理服务费收入为 13.27 亿美元，占总收入比例达 70%。

图 8：卡万塔公司垃圾处理量与处理服务费单价



资料来源：Wind，首创证券

表 4：生活垃圾计量收费方式及其特点

生活垃圾收费方式	特点
单一计量制	排放者根据垃圾排放量承担费用，每单位数量的垃圾收费水平是恒定的。
累进计量制	排放者根据排放量付费，当排放量超过一定量时，单位垃圾量的收费水平将会提高。
定额免费制	在排放量达到一定量之前是免费的，当排放量超过一定量时，排放者将根据

排放量支付费用。

**收费补助组合制**

在排放量达到一定量之前是免费的，超出一定量时超出部分按量收费；而排放量低于特定量时，市政当局可根据减少的排放量给予排放者一定补贴。

**定额计量组合制**

在不超过一定排放量的情况下，无论排放量多少，费用都是固定的，如果排放量超过一定量，则根据排放量承担相应的费用。

资料来源：《国外城市生活垃圾收费制度的演进及对我国的启示，2020》，首创证券

表 5：发达国家垃圾生活垃圾收费制度历程及典型措施

	时间	措施
日本	1954 年	制定《清扫法》，各地主要以定额收费制征收垃圾处理费；
	1991 年	以计量收费制为主、多元化收费方式并存、收费政策引导资源化率提高等特点，收费制度制定和实施流程化；
	21 世纪以来	城市以单一计量收费为主，并演化出累计量、定额免费、收费补助组合等形式；
德国	1972 年	颁布《废弃物处理法》，确立了污染者付费的原则。
	1990 年前	按照居民住房面积收取垃圾费
	1990 年后	按照容器大小或清运频次进行收费； 最鲜明特征：垃圾分质分类收费的原则；
爱尔兰	2005 年	在全国范围内根据重量或体积实行计量收费的目标
	2017 年	宣布新的收费框架：公民可以自由选择支付安排，如固定收费、按体积收费、按重量收费、按重量限额收费或这些要素的组合。

资料来源：《国外城市生活垃圾收费制度的演进及对我国的启示，2020》，首创证券

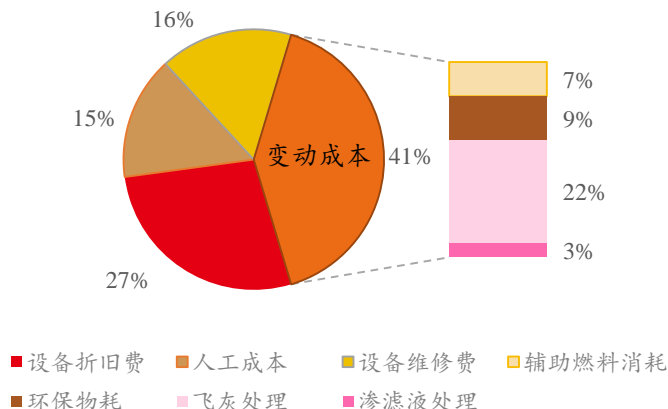
我国虽然已经推行城市生活垃圾收费制度，但并未建立起真正意义上的垃圾收费体系。目前垃圾处理服务费目前基本完全由地方政府承担，市场化程度较低。借鉴发达国家的垃圾收费制度及我国固废市场化改革进程，在焚烧发电补贴退坡的情况下，我国居民垃圾收费制度需要更加市场化，焚烧发电行业的垃圾处理服务费应逐步提高，以对冲电价补贴退坡的风险。

#### 4 垃圾焚烧发电成本要素分析

我们根据“典型垃圾焚烧发电成本效益分析表”绘制项目经营成本各影响因素的占比，可以看到，刚性成本占比达 59%，变动成本占 41%，变动成本中占比最大的为飞灰处理，占总成本的 22%。



图 9：垃圾焚烧发电项目经营成本占比

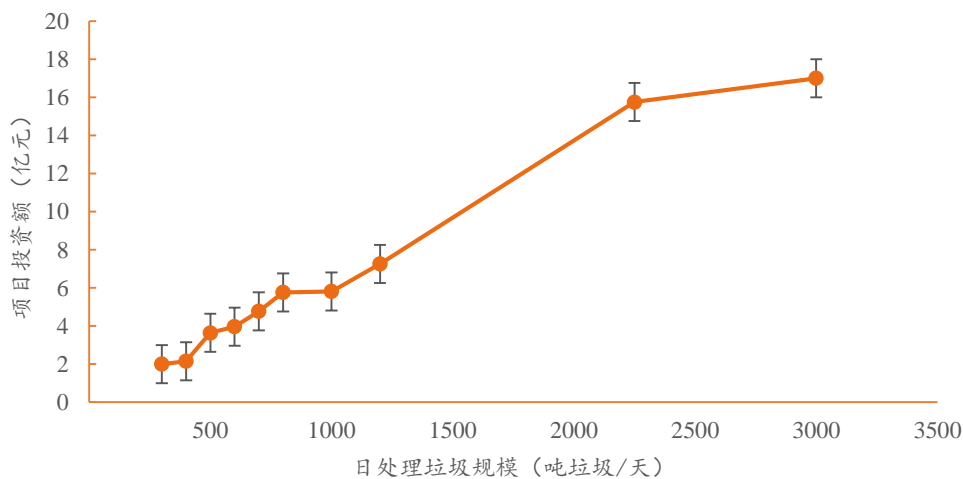


资料来源：首创证券

#### 4.1 刚性成本

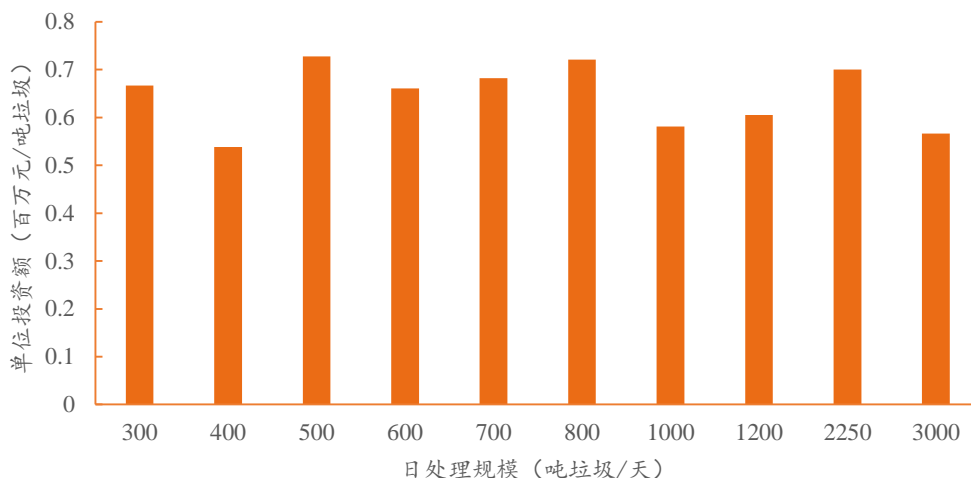
不同处理规模的吨垃圾投资额大致相同。以光大环境项目为例，我们统计了不同处理规模下焚烧发电厂总投资额的变化，为了避免建厂时间前后差异过大对投资额的影响，我们选择的都是近两年的光大在建项目。垃圾日处理规模与投资额呈线性正相关关系，且不同处理规模的吨垃圾投资额大致相同，无一致性的升高或降低趋势。

图 10：垃圾焚烧发电处理规模与投资额（以光大环境目前在建项目为例）



资料来源：光大环境，首创证券

图 11：不同处理规模的吨垃圾投资额大致相同



资料来源：光大环境，首创证券

焚烧炉方面，光大顺推焚烧炉、康恒焚烧炉和三峰焚烧炉三种炉排炉占据国内 80% 的市场。国产设备的高性价比在与进口设备的竞争中取得明显优势，预计主要国内机械炉排炉生产厂家仍将占据主要新增市场份额。

## 4.2 变动成本

变动成本主要包括辅助燃料消耗、环保物耗、飞灰处理和渗滤液处理四部分。变动成本受垃圾分类的影响。干湿分离是垃圾分类工作的重点。2019 年 6 月住建部等 9 部门联合发布《关于在全国地级及以上城市全面开展垃圾分类工作的通知》明确到 2020 年，46 个重点城市基本建成生活垃圾分类处理系统，到 2025 年，全国地级及以上城市基本建成生活垃圾分类处理系统。目前我国推行的垃圾分类四分法中规定将生活垃圾分类为：干垃圾（其他垃圾）、湿垃圾（厨余垃圾）、可回收物和有害垃圾。其中，可回收物由于有一定的附加值，已经被居民在家中很好地分类，并被可再生资源回收公司或拾荒者回收利用，该部分流入废物处理系统的占比较少；有害垃圾由于产生量很少，随着垃圾分类工作的推进也会被有效分类。而目前占比最大的干湿垃圾，占比超过 85%，并没有被有效分类，因此也是垃圾分类工作的重点。

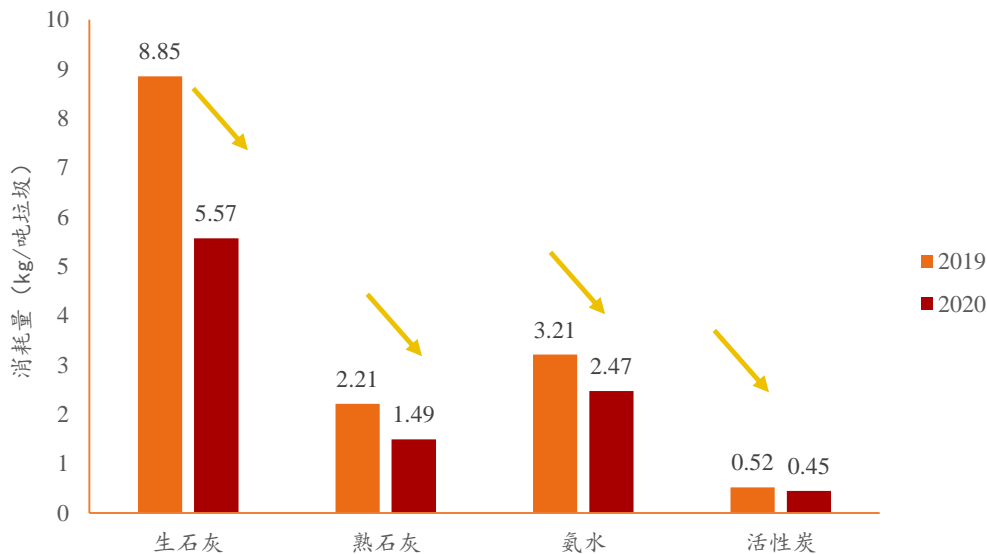
### 1. 辅助燃料消耗

干湿分离后，入炉湿垃圾减少，可以大幅降低进场垃圾的含水率。而根据《生活垃圾焚烧处理工程技术》的相关测算，含水率每降低 1%，垃圾低位热值提高约 158~175kJ/kg。垃圾热值的提高会减少辅助燃料消耗。

### 2. 飞灰处理及环保物耗

推行干湿分离后，生活垃圾焚烧排放酸性气体（如氯化氢、硝态氮、硫化物）含量和布袋除尘成本也会随着降低，烟气处理成本下降，上网发电量提高。

图 12：垃圾分类后环保物耗消耗量下降（以广州某焚烧厂为例）



资料来源：首创证券

### 3. 渗滤液处理

由于厂用电中用于渗滤液处理占比较高，干湿分离后，垃圾的含水率下降，渗滤液的产生量会大幅降低，因此垃圾组分变化可降低厂用电率，提升上网电量和发电收益。

因此可以得出结论：短期内随着垃圾分类的不断深入和效果提升，湿垃圾分离后，可以降低三废处置成本，提高收益水平。

## 5 垃圾焚烧发电与 CCER

### 5.1 碳排放权交易

碳排放权交易的概念源于 1968 年，美国经济学家戴尔斯首先提出的“排放权交易”概念，即建立合法的污染物排放的权利，将其通过排放许可证的形式表现出来，令环境资源可以像商品一样买卖。清洁发展机制（CDM）是较为成熟的碳排放权交易。

我国 2011 年开始在 7 个省市开展了地方碳交易试点，包括北京、天津、上海、重庆、广东、湖北、深圳，后增加了福建试点。2013 年 6 月 18 日，国内首个碳排放权交易平台在深圳启动，标志着中国碳交易市场建设迈出了关键性一步。截止 2020 年末，我国 8 个区域碳市场配额现货累计成交量为 4.55 亿吨，金额超过 104 亿元。

#### 核算与配额

碳交易的基础是确定一个碳的排放总量，即核算；然后确定一些额度，把这些额度分配给各个重点的排放企业或者排放单位，即配额。各个单位之间、各个行业之间减排成本差距越大，交易的积极性就越高。

CCER，全称国家核证自愿减排量，是经国家发改委备案并在国家注册登记系统中登记的温室气体自愿减排量，主要产自风电、光伏、沼气发电、水电、秸秆发电项目，

集中在中西部地区。要求项目所带来的减排量相对于基准线是额外产生的，且有适用的方法学。单位为“吨二氧化碳当量”。

## 5.2 垃圾焚烧发电参与 CCER

垃圾焚烧发电是环保领域参与碳排放交易最重要的细分领域，其 CCER 涉及的主要方法学名称为“多选垃圾处理方式”和“垃圾填埋气项目”。

表 6：CCER 涉及的主要方法学种类

领域	具体领域	方法学名称
可再生能 源	水电、光电、风电、 地热	可再生能源并网发电方法学 联网的可再生省能源发电
	垃圾焚烧发电/供热/ 热电联产，堆肥 垃圾填埋气发电	多选垃圾处理方式 垃圾填埋气项目
可再生能 源	生物质热电联产	生物质废弃物热电联产项目
	生物质发电	纯发电厂利用生物废弃物发电
能效（能 源生产）	废能利用（余热发电 /热电联产）	通过废能回收减排温室气体
避免甲烷 排放	户用沼气回收	家庭或小农场农业活动甲烷回收
煤层气/煤 矿瓦斯	煤层气/煤矿瓦斯发 电、供热	回收煤层气、煤矿瓦斯和通风瓦斯用于发电、动力、供热和 /或通过火炬或无焰氧化分解
林业碳汇	造林	碳汇造林项目方法学

资料来源：中国自愿减排交易信息平台（CCER）

## 5.3 项目间的减排量核证差异显著

### 5.3.1 垃圾焚烧发电可实现温室气体（GHG）减排

生活垃圾焚烧发电通过以下两种方式实现温室气体（GHG）减排：

（1）替代填埋方式处理生活垃圾，避免了垃圾填埋产生以甲烷为主的温室气体排放；

（2）利用垃圾焚烧产生热能进行发电，将替代以火力发电为主的电网同等的电量，属于可再生能源发电项目。

不同项目每吨垃圾的温室气体减排量有较大差异。不同的第三方机构对位于辽宁大连、福建龙岩和云南曲靖垃圾焚烧发电厂的温室气体排放量进行核证，采用的方法学都为“多选垃圾处理方式”。我们计算得到吨垃圾 CO<sub>2</sub> 减排量和单位度电减排量分别为 0.09~0.30 tCO<sub>2</sub>e/吨垃圾和 352~1252 tCO<sub>2</sub>e/KWh，发现不同项目之间的差异极大。核证机构采用的方法学是相同的，全国生活垃圾的性质也是相近的，项目之间的吨垃圾 CO<sub>2</sub> 减排量理应是近似相同的，但核证结果并非如此，其背后的原因值得讨论，因为减排量的核证对未来全国的焚烧发电厂参与碳排放交易有较大影响。

表 7：焚烧项目的每吨垃圾温室气体减排量有较大差异

核证项目	大连市 焚烧发电项目	曲靖市 焚烧发电项目	龙岩市 焚烧发电厂项目
核证机构	广州赛宝认证中心服务有限公司	新能卡本（北京）科技有限公司	深圳华测国际认证有限公司
采用方法学	多选垃圾处理方式	多选垃圾处理方式	多选垃圾处理方式
监测时间	2013.1.1~2015.8.31 共计 973 天	2013.1.1~2015.12.31 共 计 1095 天	2014.1.1~2015.12.31 共 计 720 天
总垃圾处理量 (吨)	1489916	557073	423131
总上网电量 (MWh)	396757	170980	101559
总减排量 (tCO <sub>2</sub> e)	139854	146112	127100
吨垃圾上网电量 (MWh/吨)	0.2663	0.3069	0.2400
单位度电减排量 (tCO <sub>2</sub> e/KWh)	0.0003525	0.0008546	0.0012515
<b>吨垃圾减排量 (t CO<sub>2</sub>e/吨)</b>	<b>0.094</b>	<b>0.262</b>	<b>0.300</b>

资料来源：生活垃圾焚烧处理(发电)项目减排量核证报告，首创证券

### 5.3.2 减排量通过方法学测算

#### 1. 基准线排放量

焚烧发电项目基准线排放包括替代垃圾填埋产生的 CH<sub>4</sub> 排放以及替代火力发电相同电量产生的排放，共 2 个要素。

##### (1) 甲烷基准线排放

温室气体减排量核证机构对垃圾焚烧发电项目核证所采用的方法学为“多选垃圾处理方式”，通常假定基准线排放量的计算情境为：在垃圾焚烧发电项目实施之前，服务区对于生活垃圾的处理方式均为运输至填埋场填埋，且填埋场没有沼气收集利用的装置，填埋所产气体直接排放至空气中。建立焚烧发电项目后可以取代原有的简易填埋处理方式，减少垃圾填埋场甲烷的排放。

##### (2) 电网基准线排放

利用垃圾焚烧产生热能进行发电，属于可再生能源发电项目，将替代以火力发电为

主的电网同等的电量，从而实现温室气体减排。

## 2. 焚烧项目排放量

项目排放包括项目消耗的电量产生的排放、掺烧化石燃料产生排放、垃圾焚烧产生的温室气体 CO<sub>2</sub>、焚烧产生的 N<sub>2</sub>O、CH<sub>4</sub> 气体和废水管理产生的排放，共 5 个要素。

### (1) 电力消耗排放

生活垃圾焚烧发电停炉或停机检修期间需耗用外购电力。焚烧发电项目从化石燃料电厂或从电网输入的电量，结合项目消耗电量对应的排放因子 (tCO<sub>2</sub>e/MWh)，可以计算出焚烧相关的电力消耗产生的项目排放量。

### (2) 化石燃料消耗排放

焚烧启炉期间及焚烧期间为提高垃圾热值需耗用外购煤、柴油汽油等，燃烧化石燃料会产生温室气体排放。

### (3) 燃烧产生 CO<sub>2</sub> 的项目排放

生活垃圾中的纺织品、橡胶、塑料含有一定比例的化石碳，在被焚烧时会一定量的温室气体。

### (4) 燃烧产生 N<sub>2</sub>O、CH<sub>4</sub> 的项目排放

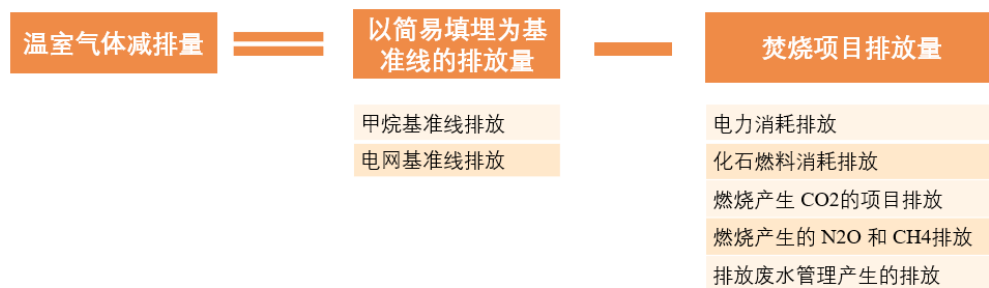
生活垃圾焚烧过程中会产生极少量的 N<sub>2</sub>O、CH<sub>4</sub>，采用《IPCC 国家温室气体排放清单指南》中的参数来计算燃烧产生 N<sub>2</sub>O、CH<sub>4</sub> 的项目排放。

### (5) 排放废水管理产生的排放

若项目产生的排放废水采用有氧处理方式，则废水处理产生的项目排放为 0 tCO<sub>2</sub>e；

若项目经厌氧处理或未经处理直接排放，则排放废水管理会产生一定量的 CH<sub>4</sub> 排放。

图 13：生活垃圾焚烧发电项目温室气体减排量计算方法



资料来源：《温室气体自愿减排项目审定与核证指南》，首创证券

### 5.3.3 焚烧项目所在的气候区显著影响减排量

“甲烷基准线排放”是造成差异的关键要素

为了明确不同项目的吨垃圾温室气体减排量的有差异的原因，我们对温室气体减排量的计算公式进行分解，算出了每个要素的吨垃圾 CO<sub>2</sub> 排放当量，找出差异最大的关键要素。然后，再进一步根据关键要素的计算公式，最终确定影响项目减排量的关键变量。可以看到，“甲烷基准线排放”要素在三个项目中差异最大，其排放量分别为 0.086、0.1993 和 0.2566 tCO<sub>2</sub>e / t 垃圾，“龙岩”项目约为“大连”项目的 3 倍。

表 8：“甲烷基准线排放”的吨垃圾温室气体排放差异最大

焚烧项目所在地	辽宁 大连	云南 曲靖	福建 龙岩
吨垃圾减排量 (tCO <sub>2</sub> e / t 垃圾)	0.0939	0.2623	0.3004
总基准排放 (tCO <sub>2</sub> e / t 垃圾)	0.3166	0.4072	0.4361
甲烷基准线排放 (tCO <sub>2</sub> e / t 垃圾)	0.0860	0.1993	0.2566
发电的基准线排放 (tCO <sub>2</sub> e / t 垃圾)	0.2306	0.2079	0.1795
焚烧项目排放量 (tCO <sub>2</sub> e / t 垃圾)	0.2227	0.1450	0.1357
电力消耗 (tCO <sub>2</sub> e / t 垃圾)	0.0023	0.0010	0.0004
化石燃料消耗 (tCO <sub>2</sub> e / t 垃圾)	0.0011	0.0314	0.0005
燃烧产生 CO <sub>2</sub> 的项目排放 (tCO <sub>2</sub> e / t 垃圾)	0.1969	0.0945	0.1168
燃烧产生的 N <sub>2</sub> O 和 CH <sub>4</sub> 排放 (tCO <sub>2</sub> e / t 垃圾)	0.0180	0.0180	0.0180
排放废水管理产生的排放 (tCO <sub>2</sub> e / t 垃圾)	0.0044	0.0000	0.0000

资料来源：生活垃圾焚烧处理(发电)项目减排量核证报告，首创证券

### 焚烧项目所在的气候区会显著影响“甲烷基准线排放”

为确定影响“甲烷基准线排放”的关键变量，进一步地，我们通过“甲烷基准线排放”的计算公式列出了所有可能影响其差异的变量，并把三个项目的变量值用表格的形式展示出来，来进行对比分析。由表 9 可知，所有变量值中有差异的为垃圾的降解速率  $k_j$ ，尤其是食物垃圾的降解速率差异最大，分别为 0.06，0.185 和 0.4，龙岩地区的食物垃圾降解速率高达大连的 6 倍。

按照方法学“多选垃圾处理方式”中的说明，在计算填埋场产甲烷的基准线排放时，由于不同地区的温度和湿度差异，会影响到填埋场微生物的活性，进而对生活垃圾的降解速率产生显著差异。大连属于温带偏干气候，曲靖属于温带湿润气候，龙岩属于热带湿润性气候，随着温度和湿度的升高，微生物活性增强，垃圾的降解速率也显著升高。

因此我们可以得出结论，按照“多选垃圾处理方式”中的方法，在计算“甲烷基准排放”时，需要根据不同地区的温度湿度差异来选取不同的降解速率值，这会使我们计算的吨垃圾温室气体减排值在不同地区有显著差异（三地分别为 0.0860，0.1993，0.2566 tCO<sub>2</sub>e / t 垃圾）。

表 9：三个项目中“甲烷基准线排放”的变量值

参数	参数描述	参数值			差异性
		辽宁 大连	云南 曲靖	福建 龙岩	
$\phi_y$	因模型不确定性加入的模型修正系数	0.85	0.85	0.85	相同
$GWP_{CH_4}$	甲烷的全球变暖潜势	25	25	25	相同
$OX$	氧化因子	0.1	0.1	0.1	相同
$F$	产生的填埋气中甲烷的含量 (体积比)	0.5	0.5	0.5	相同
$DOC_f$	可降解有机碳的含量	0.5	0.5	0.5	相同
$MCF_y$	甲烷校正因子	1.0	1.0	1.0	相同
$DOC_j$	垃圾 j 中可降解有机碳的质量分数 (湿基)				相同
$k_j$	垃圾 j 的降解速率				差异

资料来源: 2006 IPCC 国家温室气体排放清单指南, 首创证券

 表 10：不同项目中可降解有机碳的质量分数  $DOC_j$  相同

垃圾类型	参数值 (%)			差异性
	辽宁 大连	云南 曲靖	福建 龙岩	
木材及木制品	43	43	43	相同
纸张/厚纸板	40	40	40	相同
食物垃圾	15	15	15	相同
纺织品	24	24	24	相同
花园和公园垃圾	20	20	20	相同
玻璃、塑料等惰性垃圾	0	0	0	相同

资料来源: 2006 IPCC 国家温室气体排放清单指南, 首创证券

 表 11：不同项目中的垃圾降解速率  $k_j$  有较大差异

气候类型	温带和寒带 ( $MAT \leq 20^\circ C$ )		热带 ( $MAT \geq 20^\circ C$ )		差异性
	干	湿	干	湿	
	辽宁 大连	云南 曲靖	福建 龙岩		
地域所在的气候					差异性
纸/纺织品	0.02	0.06	0.045	0.07	不同
木材及木制品	0.04	0.03	0.025	0.035	不同
非食品有机垃圾, 花园和公园垃圾	0.05	0.10	0.065	0.17	不同
<b>食物垃圾</b>	<b>0.06</b>	<b>0.185</b>	<b>0.085</b>	<b>0.4</b>	<b>差异最大</b>

来源: 2006 IPCC 国家温室气体排放清单指南, 首创证券

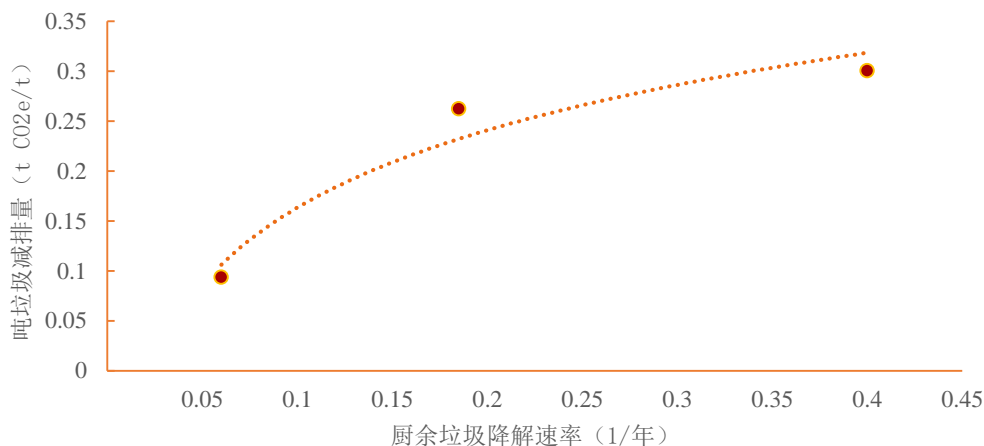


### 相同焚烧项目在我国南北方地区的减排量核证将会有显著不同

以上关于“甲烷基准线排放”的差异性分析发现，在实施焚烧项目之前，假设以生活垃圾全部填埋作为焚烧项目减排的基准线时，核证的焚烧项目所在地的气候因素差异会对甲烷排放基准线的理论计算值产生较大差异，造成“龙岩”焚烧发电项目被核证的处理一吨垃圾的温室气体减排量是“大连”项目的三倍之多。

假设有两个焚烧发电项目，在设备主要技术参数（焚烧锅炉、汽轮机和发电机）、处理的垃圾量、生活垃圾的组成等理化性质均完全相同的情况下，在核证机构采用完全相同的方法学对这两个焚烧项目的温室气体减排量进行核证时，在我国南方温度、湿度高的地区的焚烧项目，其核证的温室气体减排量要远远高于我国北方的寒冷干燥地区如东北地区的减排量。

图 14：焚烧项目吨垃圾核证减排量与厨余垃圾降解速率成正相关



资料来源：中国温室气体自愿减排项目监测报告，首创证券

垃圾焚烧发电作为环保领域参与碳排放交易最重要的细分领域，若参与未来的全国碳排放权交易，按照目前的方法学来核证温室气体减排量，则南方地区焚烧项目通过碳排放权交易获得的利润要远远高于北方地区的焚烧项目。

### 5.4 CCER 对垃圾焚烧发电盈利的贡献

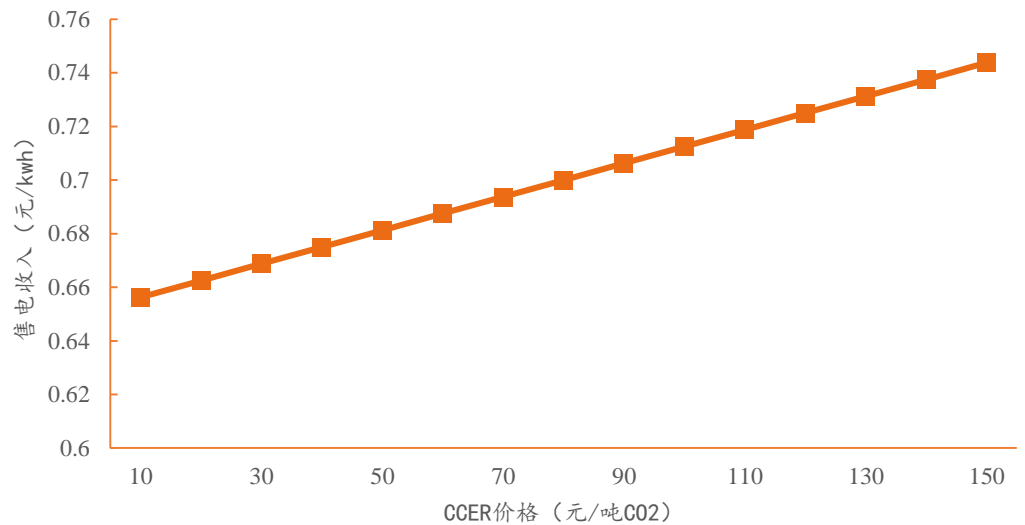
我们对垃圾焚烧发电项目进行碳交易的经济性进行测算。关键假设：

- (1) 吨垃圾碳减排量行业均值为 0.25 吨，吨垃圾发电上网电量 300kwh。
- (2) 原煤电全国平均标杆电价 0.4 元/kwh，补贴后的垃圾发电电价 0.65 元/kwh。

计算得到，CCER 交易价格为 80 元/吨 CO2 时，售电收入可增加 0.05 元/kwh，收入增厚可达 7.7%。

在焚烧发电的全生命周期小时数内，焚烧发电厂仍享受国家发电补贴，垃圾发电电价 0.65 元/kwh，再加上 CCER 的交易收入，焚烧发电总的售电收入会呈增加趋势。

图 15: CCER 价格对售电收入的增厚贡献



资料来源: 首创证券

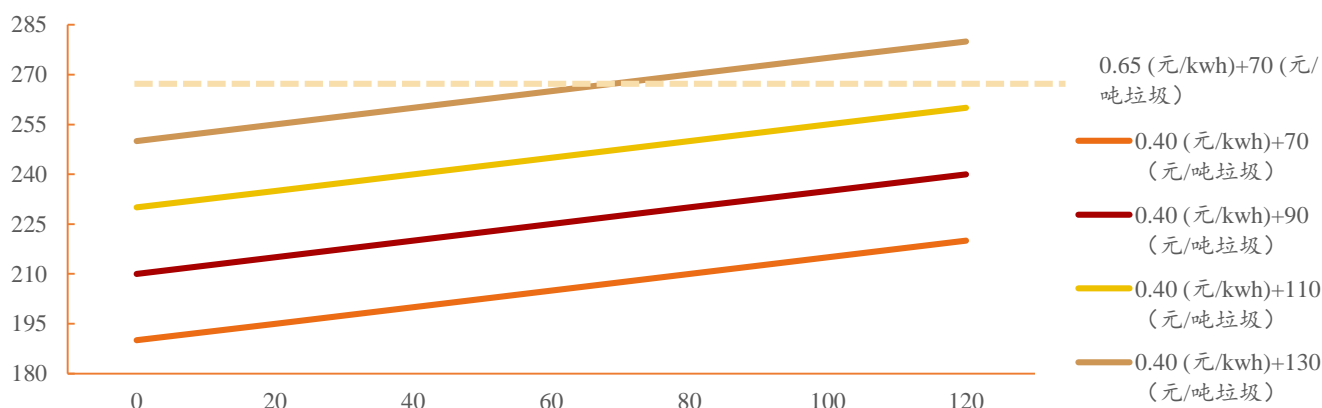
在焚烧发电的全生命周期小时数之外, 焚烧发电厂不享受国家发电补贴, 售电收入为煤电全国平均标杆电价 0.4 元/kwh, 为了能同样达到含发电补贴时的“0.65 元/kwh+70 元/吨垃圾”总收入, 如果垃圾处理费保持不变为 70 元/吨垃圾, CCER 交易价格需高达 300 元/吨 CO2 才能达到与 0.65 元/kwh 补贴相同的营收水平, 未来市场的 CCER 交易价格显然不会如此高的。或者是上调垃圾处理费至 130 元/吨垃圾, CCER 交易价格为 60 元/吨 CO2 也同样可以达到与 0.65 元/kwh 补贴相同的营收水平。

表 12: 垃圾处理费与 CCER 收入协同对冲补贴退坡的方案

	方案 1	方案 2	方案 3	方案 4	方案 5	方案 6	方案 7
标杆上网电价 (元/kwh)	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
焚烧项目收入组成 垃圾处理费收入(元/吨垃圾)	70	80	90	100	110	120	130
CCER 交易收入 (元/吨 CO2)	300	260	220	180	140	100	60
总计	每种方案等价于“0.65 元/kwh+70 元/吨垃圾”营收水平						

资料来源: 首创证券

图 16: 垃圾处理费与 CCER 交易联合应对补贴退坡



资料来源: 首创证券

对于 CCER 对垃圾焚烧发电盈利的贡献, 有两点值得关注:

(1) 近 10 年内, 在焚烧发电仍享受国家发电补贴的全生命周期小时数内, 通过 CCER 交易会获得额外收入, 售电收入增厚为 5~10%。

(2) 约 10 年后, 焚烧发电补贴取消, 单纯依靠 CCER 交易不能完全覆盖补贴退坡风险, 未来需要上调垃圾处理费以对抗补贴退坡。

## 6 投资建议

随着我国“焚烧为主、生化为辅、填埋兜底”垃圾处理格局的建立, 在政策支持和实际需求双轮驱动下, 我国垃圾焚烧发电行业的市场规模继续保持增长。

尽管 2020 年出台的电价补贴政策有所调整, 规定了“82500 小时”的发电补贴时限, 上网电价补贴趋向下调, 但补贴政策调整对企业盈利不会造成重大冲击。垃圾分类推进将提升吨垃圾上网电量; 炉排炉的国产化将降低设备投资成本; CCER 交易会为企业带来售电收入增厚。

随着垃圾计量收费制度建立及垃圾处理服务费市场化机制的建立, 焚烧发电企业有望通过提高处理费、优化运行效率等手段维持较好的盈利能力。

短期看, 2021-2022 年将是焚烧发电项目的密集投产期, 垃圾焚烧发电产能进一步释放; 中长期看, 垃圾热值的提升和 CCER 交易将增加售电收入; 各省(市、区)规划中的新增项目产能充足, 垃圾焚烧发电行业仍具有较大市场空间。我们给与垃圾焚烧发电行业“看好”的投资评级, 推荐瀚蓝环境、三峰环境、高能环境、首创环境等公司。

## 7 重点公司

**瀚蓝环境。**公司以供水业务起家, 通过并购将业务扩展至固废、燃气等领域。近年来公司聚焦“固废资源化”全产业链, 对标“无废城市”建设的“大固废”纵横一体化业务格局进一步夯实。2020 年, 公司通过收购垃圾焚烧、餐厨垃圾处理、环卫、转运等

多个固废处理项目，有利于进一步发挥市政垃圾(含生活垃圾、餐厨垃圾、污泥等)、工业危险废物、农业有机垃圾等污染源治理的横向协同优势，以及前端环卫、中端收转运、末端处理的纵向协同优势。公司行稳致远，盈利质量高，投运、在建、储备项目充足，预计从 2021 年开始进入业绩快速释放期。

**三峰环境。**公司是重庆国资委旗下的固废处理平台，经营范围包括垃圾焚烧发电项目的 EPC 建造、核心设备的研发制造以及项目的投资运营。公司设计垃圾处理能力、已投运垃圾处理能力均处于业内领先水平，同时全产业链布局为公司带来前后端协同优势。2020 年 6 月登陆上交所，资本市场进一步助力公司扩张。上市前公司进行大量投资建设工作，预计 2021-2022 年将进入投产高峰期。目前公司已公告进行上市后第一次股权激励工作，促进公司长远发展。同时，2021 年公司部分项目纳入国补目录，叠加投产高峰预计公司将有亮眼表现。

**高能环境。**高能环境是国内最早从事专业固废污染防治技术研究、成果转化和提供污染防治系统解决方案的高新技术企业之一。公司环境修复业务与垃圾焚烧业务稳步发展，其中工程类业务在手订单充裕，新签订单规模保持增长；垃圾焚烧在运、在建及储备产能均十分丰富。同时，2020 年公司正式提出以“危废资源化”作为重点战略板块及方向，并进行了快速布局，未来危废产能仍有较大增长。随着垃圾焚烧产能逐渐释放以及危废资源化产能提升，公司运营收入占比不断提升。上市公司管理能力优秀，企业未来发展可期。

## 8 风险因素

地方政府支付垃圾处理费的能力不达预期；

随着我国电力体制的市场化，基准电价呈现波动，垃圾发电上网电价参与市场化，售电收入下降；

随着我国干湿垃圾分类的推进，如果进厂垃圾量远低于焚烧厂的设计处理能力，则会对上网发电量产生较大影响，进而影响盈利能力；

大宗化学品价格上涨，导致环保物耗（水、石灰、活性炭、氨水等）价格上升，导致焚烧发电的整体营业成本变高。

## 分析师简介

邹序元，分析师，英国埃克塞特大学金融与投资专业硕士，10年证券研究经验，5年证券投资经验。

## 分析师声明

本报告清晰准确地反映了作者的研究观点，力求独立、客观和公正，结论不受任何第三方的授意或影响，作者将对报告的内容和观点负责。

## 免责声明

本报告由首创证券股份有限公司（已具备中国证监会批复的证券投资咨询业务资格）制作。本报告所在资料的来源及观点的出处皆被首创证券认为可靠，但首创证券不保证其准确性或完整性。该等信息、意见并未考虑到获取本报告人员的具体投资目的、财务状况以及特定需求，在任何时候均不构成对任何人的个人推荐。投资者应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专业财务顾问的意见。对依据或者使用本报告所造成的一切后果，首创证券及/或其关联人员均不承担任何法律责任。投资者需自主作出投资决策并自行承担投资风险，任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。

本报告所载的信息、材料或分析工具仅提供给阁下作参考用，不是也不应被视为出售、购买或认购证券或其他金融工具的要约或要约邀请。该等信息、材料及预测无需通知即可随时更改。过往的表现亦不应作为日后表现的预示和担保。在不同时期，首创证券可能会发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告。

首创证券的销售人员、交易人员以及其他专业人士可能会依据不同假设和标准、采用不同的分析方法而口头或书面发表与本报告意见及建议不一致的市场评论和/或交易观点。首创证券没有将此意见及建议向报告所有接收者进行更新的义务。首创证券的自营部门以及其他投资业务部门可能独立做出与本报告中的意见或建议不一致的投资决策。

在法律许可的情况下，首创证券可能会持有本报告中提及公司所发行的证券头寸并进行交易，也可能为这些公司提供或争取提供投资银行业务服务。因此，投资者应当考虑到首创证券及/或其相关人员可能存在影响本报告观点客观性的潜在利益冲突。投资者请勿将本报告视为投资或其他决定的唯一信赖依据。

本报告的版权仅为首创证券所有，未经书面许可任何机构和个人不得以任何形式转发、翻版、复制、刊登、发表或引用。

## 评级说明

1. 投资建议的比较标准	评级	说明
投资评级分为股票评级和行业评级  以报告发布后的6个月内的市场表现为比较标准，报告发布日后的6个月内的公司股价（或行业指数）的涨跌幅相对同期的沪深300指数的涨跌幅为基准	<b>股票投资评级</b>  买入 增持 中性 减持	相对沪深300指数涨幅15%以上  相对沪深300指数涨幅5%-15%之间  相对沪深300指数涨幅-5%-5%之间  相对沪深300指数跌幅5%以上
<b>2. 投资建议的评级标准</b> 报告发布日后的6个月内的公司股价（或行业指数）的涨跌幅相对同期的沪深300指数的涨跌幅为基准	<b>行业投资评级</b>  看好 中性 看淡	行业超越整体市场表现  行业与整体市场表现基本持平  行业弱于整体市场表现