

垃圾焚烧发电技术在我国的应用及发展趋势

时璟丽¹, 张成²

(1.宏观经济研究院能源研究所, 北京 100038; 2.中国可再生能源发展项目管理办公室, 北京, 100044)

摘要:垃圾焚烧处理和发电技术具有环保和能源的双重效益, 是未来垃圾处理的发展方向。我国垃圾焚烧发电在近几年从无到有, 发展迅速。本文介绍了垃圾焚烧应用情况, 简要分析了其推广在技术和融资等方面的障碍以及未来的应用潜力。

关键词:垃圾 焚烧发电 发展潜力 政策

一. 垃圾焚烧处理是实现垃圾无害化、减量化和资源化的最有效的手段之一

城市生活垃圾是当前世界各国面临的主要环境问题之一, 也是目前我国存在的突出的环境问题。随着我国经济的快速发展, 城市人口的大量增加和城市规模的日益扩大以及人民生活水平的不断提高, 生活垃圾产生量逐年增长, 不可避免地带来了大量的垃圾排放。1995 年以后, 我国城市生活垃圾年清运量均超过一亿吨, 且以每年 3%左右的速度增长。对垃圾的处理不当, 会对环境造成巨大的危害: 占用土地、污染土壤、污染地下水资源、影响空气质量、污染大气、传播疾病、影响环境卫生和居民健康, 因此如何无害化处理生活垃圾以及如何对垃圾处理进行有效的管理已经成为许多城市亟待解决的问题。

目前比较普遍的垃圾无害化处理方式有卫生填埋、焚烧和综合利用(如生产有机肥料、建筑材料、供热和发电等)。焚烧是一种对城市垃圾进行高温热化学处理的技术, 将垃圾作为固体燃料送入炉膛内燃烧, 在 800~1000 的高温条件下, 垃圾中的可燃组分与空气中的氧进行剧烈的化学反应, 释放出热量并转化为高温的燃烧气和少量性质稳定的固定残渣。当垃圾有足够的热值时, 垃圾能靠自身的能量维持自燃, 而不用提供辅助燃料。垃圾燃烧产生的高温燃烧气可作为热能回收利用, 性质稳定的残渣可直接填埋处置。经过焚烧处理, 垃圾中的细菌、病毒能被彻底消灭, 各种恶臭气体得到高温分解, 烟气中的有害气体经处理达标后排放。

焚烧处理与其它城市垃圾处理处置方法相比具有以下独特的优点:

- 减容效果好。焚烧处理可以使城市垃圾的体积减少 80~90%;

- 消毒彻底。高温燃烧可以使垃圾中的有害成分得到完全分解，并能彻底杀灭病原菌，尤其是对于可燃性致癌物、病毒性污染物、剧毒性有机物等几乎是唯一有效的处理方法；
- 减轻或消除后续处置过程对环境的影响。可以大大降低填埋场浸出液的污染物浓度和释放气体中的可燃及恶臭成分；
- 有利于实现城市垃圾的资源化。垃圾焚烧产生高温烟气，其热能被废热锅炉吸收转变为蒸汽，可以用来供热或发电。
- 处理效率高。焚烧厂占地面积小，可以在靠近市区的地方建厂，既可节约用地又可缩短垃圾的运输距离，对于经济发达的城市，尤为重要。

基于以上这些优点，可以说焚烧处理是实现垃圾无害化、减量化和资源化的最有效的手段之一，是未来垃圾处理的发展方向。

二、 我国垃圾焚烧应用发展迅速

垃圾焚烧技术在西方发达国家已有很长的发展历史，最先利用垃圾发电的是德国和法国，近几十年来，美国和日本在垃圾发电方面的发展也相当迅速，处于世界领先行列。我国在垃圾焚烧技术的研究、开发和应用方面起步较晚，相比之下，我国的垃圾焚烧设备的设计、生产和应用的水平和规模与发达国家的差距还很大。

1. 应用现状

国内第一个垃圾焚烧发电厂在 1987 年投入运行，垃圾焚烧发电在九五期间得到一些城市特别是南方大中城市的重视，从 2000 年到 2003 年建成有二十多个日处理量在 200 吨以上的焚烧装置，主要在上海、广州、深圳、杭州、郑州、哈尔滨等大城市以及南方一些中等城市如苏州、宁波等，规模最大的纯垃圾焚烧处理装置（基本不需要利用辅助燃料）的日垃圾处理量为 1800 吨，装机 18 兆瓦，此外目前在广东等地还有一些项目在建设之中。虽然近两年发展迅速，但因为起步晚，垃圾处理总量和装机总量都不大，占我国生活垃圾总量的 3% 左右，发电总装机容量 200 多兆瓦。

垃圾焚烧发电得到了政府的大力支持，由于其社会效益和经济效益日趋明显，因此经济发达的一些城市在推广垃圾焚烧发电技术方面作了大量的工作。以下是几个城市案例。

案例一：深圳

深圳市市政环卫综合处理厂应用异重循环流化床垃圾焚烧新技术建立了它的第三套垃圾焚烧装置，于 1998 年 8 月正式投入商业运行，这是国内首座拥有自主知识产权的大型垃圾焚烧发电工程，这一系统集成国内开发的垃圾低污染焚烧技术、尾气净化技术、自动点火、冷渣分选和燃烧控制等专利技术，达到国际领先水平的污染控制和排放技术指标。该厂筹建于 1985 年，建厂初期，从日本进口了两台“三菱--马丁”式垃圾焚烧炉，是我国第一个垃圾焚烧发电项目。但由于生活垃圾存在水份高（水份高于 50%）、热值低（当时年平均低位发热值约 3300kJ/kg 左右）、多变化、未经分选的特点，垃圾进炉后水分蒸发大量吸热，干燥时间长，着火慢，易结块，烧透时间长，炉膛温度易大幅波动，垃圾焚烧不稳定；同时一期工程垃圾焚烧热能利用率低，总体发电能力仅为 500kW，每年还

需向电网买电。为解决这些问题，深圳在 1996 年开始第三台垃圾焚烧炉国产化工程和对日本进口垃圾焚烧炉的改造及新建一台 3000kW 发电机组工程。二期工程有三个特点：(1)低热值城市生活垃圾焚烧工艺。该工艺优于引进工艺，适合我国国情，能够确保垃圾热值不低于 3300kJ/kg、水份不高于 55%且未经分选的城市生活垃圾在符合目前环保要求的前提下焚烧处理，达到国际领先水平。(2)垃圾资源化利用技术。通过利用该项技术该厂发电能力提高 6 倍，平均每吨垃圾发电近 200kWh，由原来每年买电 5.5GWh 到现在每年可售出 10GWh 电以上，降低了垃圾处理成本，垃圾资源化利用水平进入国际先进行列。(3)设备国产化。与工艺相配合，开发研制了十八项城市生活垃圾焚烧处理配套设备并投入使用，填补了国内空白，成套设备的国产化率达到 80%以上。

案例二：上海

2002 年前上海的垃圾处理都是直接填埋，不仅对环境造成很大的污染，而且占用大量土地。近期上海的垃圾排放量更是达到每天 14400 吨的历史最高点，垃圾量的猛增使上海几个填埋点有限作业能力不堪重负。为此，2002 年，上海建成了其首家垃圾焚烧发电厂，处理来自浦东全区的生活垃圾，在一定程度上缓解了这种压力。该厂的设计垃圾日处理能力是 1094 吨，目前每天垃圾的焚烧量保持在 1100-1200 吨，设计日发电能力是 408MWh，目前日均发电量在 350-400MWh。自 2002 年 7 月 1 日至 2003 年 6 月 30 日，累计处理垃圾 41.4 万吨，2003 年 7 月，电厂的垃圾焚烧量达到了 5 万吨。而且电厂在大量消化垃圾的同时，7 月份的发电量也达到 12GWh，其中上网售电 9.77GWh，获得了比较好的经济效益。

案例三：天津市

天津市首座垃圾焚烧发电厂正在建设之中，总投资 5.7 亿元，垃圾焚烧处理系统采用世界先进的日本 TAKUMA 公司 SN 型炉排焚烧技术，由 3 条 400 吨/天的焚烧线组成，每天可处理生活垃圾 1200 吨。系统采用连续运行方式，全年可处理垃圾 40 万吨，因此项目建成后天津市生活垃圾分类的四分之一将被焚烧处理。设计发电装机容量为 18 兆瓦，日发电量 35.1 万千瓦时，年上网总电量为 1.16 亿 kWh，相当于每年节约标准煤 4.8 万吨，真正实现了对垃圾的资源化、无害化处理。

2. 我国垃圾焚烧发电行业发展特点

(1)投资主体多样。与其它垃圾处理方式相比，垃圾焚烧发电项目的初始投资高，我国在近三年的时间里，垃圾焚烧发电发展较快主要得益于地方城市环保意识的加强，尤其是在经济条件好的城市，地方政府或是采用直接投资、或是采取鼓励拓宽融资渠道的手段来支持垃圾焚烧发电技术的应用。

(2)关键设备进口，配套设备国产化。从焚烧设备的角度来看，工业发达国家已经有了 100 多年焚烧垃圾的历史，无论技术上还是设备上都已经相当成熟。而我国垃圾焚烧处理专用设备的开发研制生产水平相对薄弱，但许多垃圾焚烧发电厂都借鉴了深圳首家垃圾焚烧厂的做法，采用关键设备进口、配套设备国产化的模式。

3. 焚烧发电应用推广中存在的主要问题

垃圾焚烧发电项目的推广有以下限制性因素：

- 对垃圾成分有一定的要求：垃圾焚烧要求垃圾应能满足热值要求，一般要求低位热值至少在4000kJ/kg以上，最好高于5000kJ/kg，但对于小城市和经济不太发达的城市，生活垃圾如果不经过分检的话，不适合于做燃烧处理。此外，北方城市生活垃圾在冬季灰份比较高，南方的垃圾在夏季含水率比较高，都会影响垃圾焚烧的效率甚至不能焚烧。
- 国内装备水平与发达国家相比差距较大，焚烧装置的关键设备需要进口，尤其是大容量设备的国产化率很低。
- 与其它垃圾处理方式以及其它技术成熟的可再生能源发电相比，项目投资高，如果不考虑垃圾处理的社会效益，单纯考虑发电收益的话，发电成本在1元/kWh左右。
- 焚烧尾气的二次污染问题：尾气中的二恶英对人体、对环境的危害极大，虽然采取垃圾加油燃烧、加煤粉燃烧等方式可以提高燃烧温度和效率从而大大降低二恶英的排放量，但这一点仍是目前关于大面积推广垃圾焚烧发电的争论的主要原由之一。另外，燃油价高，垃圾加油燃烧加大了运营成本，垃圾发电场一般不愿意采用。而垃圾加煤粉燃烧就需要采用循环流化床的锅炉，技术高投资也高。

三. 垃圾焚烧发电技术应用前景展望

垃圾焚烧发电将环境保护和节约能源有机地结合起来，因而将有很好的发展前景。近三年我国垃圾焚烧发电发展迅速的主要驱动力有两点：一是我国目前和今后所面临的城市垃圾处理的压力，二是正在逐步制定和采取的一些政策措施。而它们也将是今后垃圾焚烧发电进一步发展的动力。

1、垃圾焚烧发电的资源潜力

垃圾的产生量和分布与人口、城市分布等密切相关。2002年，我国共有660个城市，年垃圾清运量为1.365亿吨，考虑垃圾的平均热值4200kJ/kg，则垃圾作为能源资源年总量为573TJ。根据国家环保总局预测，2010年我国城市垃圾年产量将为1.52亿吨，2015年和2020年将达到1.79、2.1亿吨。根据专家估计，2005年中大城市垃圾中有机物含量将达到70%以上，含水率在50%左右，并配合垃圾分类等措施，到2010年中大城市的生活垃圾基本能够达到直接焚烧的要求，届时能够达到这一要求的垃圾如考虑占总量的50%的话，热值按5000kJ/kg计算，则垃圾能源资源总量为760TJ，可利用量380TJ，可利用的垃圾发电装机潜力为2500MW，提供电力约18TWh；2020年如考虑同样的比例，垃圾能源资源总量为1050TJ，可利用量525TJ，可利用的垃圾发电装机潜力为3450MW，提供电力约25TWh。因此垃圾焚烧发电从资源角度来说潜力很大。

2、垃圾焚烧发电的政策支持

我国中央和地方政府都很支持垃圾焚烧发电产业的发展，目前建设的垃圾焚烧发电装置的投资大都来源于当地财政，都是在经济条件相当好的大中城市。国家环保总局在2000年出台了有关垃圾焚烧发电的污染控制标准和规范。中央在2001年11月出台了对垃圾焚烧发电项目实行增殖税即征即退的优惠政策，这一政策非常明确且易于操作。

此外，国内的一些机构正在进行通过法律条文形式鼓励可再生能源发展的研究以及其它相关的准备工作。参考国际上的经验，垃圾焚烧发电可以作为被鼓励的技术之一包含其中。欧洲在垃圾焚烧发展方面的成功经验可以借鉴，它是与欧洲各国垃圾处理的体制和政府制定的优惠政策密切相关的。从体制上，垃圾处理和资源化利用已经成为成熟的产业，大部分由私营公司和企业来运营，政府通过垃圾收费政策从垃圾排放者中筹集资金，支付给垃圾处理企业，常常通过竞标确定垃圾处理的价格；从标准上，欧洲各国制定严格的垃圾焚烧标准并严格执行；从政策上，欧洲各国通过立法或优惠的政策鼓励垃圾焚烧发电项目的实施，如英国在其非化石燃料公约、德国在其新能源法中都规定：垃圾直接焚烧发电的电力电量强制上网，并实施电价补贴或绿色电价，在英国3.4便士/kWh，在德国20芬尼/kWh。因此我国也应考虑逐步制定合理和优惠的政策促进垃圾焚烧发电的发展。

3、未来应用潜力分析

根据垃圾焚烧项目初始投资高，对垃圾性质要求高的特点，建议依据以下原则确定垃圾焚烧重点发展的城市和区域：(1)经济基础发达地区，地方政府具备一定的财力，同时城市居民也有经济基础，已经有或有即将出台的垃圾排放收费政策相配套，能够部分解决垃圾焚烧发电项目的高投资；(2)人口密度高，土地资源紧缺，城市化程度和居民生活现代化水平高的地区，如三气使用比例高(95%以上)等地区，垃圾热值容易满足要求；(3)推广垃圾分类处理的地区；(4)环境保护要求高的城市和地区。因此，我国垃圾焚烧发电未来应用的重点区域将是：直辖市、省会城市以及其它经济条件较好的大城市；沿海城市和主要旅游城市；沿长江流域地级城市；各主要湖泊、江河附近地级市；以地下水为饮用水城市等。

如果考虑到2010年垃圾焚烧处理量占总垃圾产量的10%，焚烧热能用于发电和供热，则从现在到2010年需要新建日处理能力为3.2万吨的垃圾焚烧设备。可以考虑在大中型城市建立处置能力在500吨/日以上的大型垃圾焚烧装置30处，新增发电总装机288兆瓦，年发电量可达到2TWh；新建处置能力150-500吨/日的垃圾焚烧装置35处，新增发电总装机105兆瓦，年发电量0.75TWh。

如果考虑到2020年焚烧发电的垃圾处理量达到总量的30%，则2010年到2020年需要新建日处理能力为13.1万吨的垃圾焚烧设备。可以考虑新建处置能力500吨/日以上的大型垃圾焚烧装置120处，新增发电总装机1152兆瓦，年发电量8.3TWh；新建处置能力150-500吨/日的垃圾焚烧装置140处，新增发电总装机420兆瓦，年发电量3TWh。届时垃圾焚烧发电总装机将达到2000MW以上。

参考文献：

[1] 国家环保总局. 我国垃圾填埋气体收集利用国家行动方案. 垃圾填埋气体收集利用国家行动方案新闻发布会. 2002年10月.

作者简介：时璟丽(1969-)，女，副研究员，主要从事可再生能源相关领域政策研究。