

生活垃圾发电技术的现状与发展趋势研究

赵 宇

西北电力工程监理有限公司 陕西 西安 710075

摘 要：本文聚焦生活垃圾发电技术，深入剖析其现状，涵盖技术类型、应用规模、政策环境及面临挑战等方面。同时，结合全球绿色能源转型趋势，探讨该技术未来在技术创新、智能化升级、产业协同及国际化拓展等方向的发展趋势，旨在为生活垃圾发电技术的可持续发展提供理论支持与实践参考。

关键词：生活垃圾发电技术；现状分析；发展趋势；绿色能源转型

引言

随着全球城市化进程的加速与人口数量的持续增长，生活垃圾的产生量急剧攀升，传统垃圾处理方式如填埋和堆肥，因占用大量土地资源、易引发二次污染等问题，已难以满足现代社会对环境保护和资源利用的要求。在此背景下，生活垃圾发电技术作为一种集垃圾减量化、无害化与资源化处理于一体的创新技术，应运而生并受到广泛关注。它不仅有效解决了垃圾处理难题，还能将垃圾中的化学能转化为电能，为能源供应提供新的途径，对推动可持续发展具有重要意义。因此，深入研究生活垃圾发电技术的现状与发展趋势，具有重要的理论价值与现实意义。

1 生活垃圾发电技术现状

1.1 技术类型与特点

生活垃圾发电技术主要分为垃圾焚烧发电和垃圾填埋气发电两大类。垃圾焚烧发电是通过特殊焚烧锅炉将城市固体垃圾在高温下燃烧，利用产生的热能转化为高温蒸汽，推动涡轮机转动，进而带动发电机产生电能。其核心设备包括焚烧炉、余热锅炉和汽轮发电机组等。常见的焚烧炉类型有机械炉排炉、流化床焚烧炉和回转式焚烧炉等。机械炉排炉处理量大、燃烧稳定、适应性强，能处理多种类型垃圾，但建设与运行成本较高；流化床焚烧炉燃烧效率高、污染物排放低、垃圾适应性强，但需对垃圾进行预处理且运行控制要求严格；回转式焚烧炉则适用于处理特殊垃圾，但设备复杂、维护成本较高。垃圾填埋气发电则是将垃圾填埋场中有机物经降解产生的富含甲烷的填埋气作为燃料进行发电。该技术系统一般由气体收集系统、净化加压系统、燃气机发电及电气并网系统组成。填埋气经收集、过滤、增压、冷却等处理后，送入燃气机燃烧膨胀做功，带动发电机发电^[1]。此技术能有效利用垃圾填埋产生的气体，减少温室气体排放，但填埋气的产量和质量受垃圾成分、填埋

时间等因素影响较大。

1.2 应用规模与区域分布

近年来，我国生活垃圾发电技术应用规模不断扩大。截至2024年，我国垃圾发电厂建设总数已达1064座，装机容量达到2738万千瓦，发电量约为1453亿千瓦时。从区域分布来看，东、中、西部地区存在明显差异。东部地区经济发达、人口密集，生活垃圾产生量大，垃圾焚烧发电厂数量、总设计处理能力和总发电功率均占比最高。例如，上海、江苏、浙江等地已建成多个大型垃圾焚烧发电项目，处理能力较强。中西部地区随着城市化进程的加快，垃圾发电项目也在逐步增加，但整体规模和技术水平与东部地区仍存在一定差距。

1.3 政策环境与支持措施

政策环境对生活垃圾发电技术的发展起到了至关重要的推动作用。我国政府高度重视生活垃圾处理和资源化利用，出台了一系列支持政策。在产业政策方面，将垃圾发电纳入可再生能源范畴，给予政策扶持和资金补贴。例如，2012年国家发改委发布《关于完善垃圾焚烧发电价格政策的通知》，明确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0.65元/千瓦时，为垃圾发电项目提供了稳定的收入保障。在环保政策方面，不断提高垃圾发电项目的排放标准，促使企业加强环保设施建设和技术升级，减少污染物排放。同时，政府还通过特许经营、招标等方式，鼓励社会资本参与垃圾发电项目的建设和运营，推动了行业的市场化发展。

1.4 面临的挑战与问题

尽管生活垃圾发电技术取得了显著进展，但仍面临诸多挑战和问题，这些问题制约了行业的进一步发展。技术层面，我国部分垃圾焚烧发电厂的焚烧设备由国外引进，存在设备昂贵、初投资过高的问题。国外设备通常采用先进的技术和材料，制造工艺复杂，导致设备

价格居高不下。而且,国外设备是根据国外垃圾品质和燃料特性设计的,与我国垃圾特性差异较大。我国垃圾具有含水率高、热值低、成分复杂等特点,这使得国外设备在运行过程中容易出现垃圾焚烧不完全、运行不稳定、排放不易全部达标等问题。此外,我国垃圾热值较低,燃烧过程中需要加入较多助燃燃料,如煤、油等,这不仅增加了运行成本,还可能导致二次污染。同时,高温腐蚀问题也限制了蒸汽参数的提高,降低了发电效率。垃圾焚烧过程中产生的高温烟气中含有大量的腐蚀性物质,如氯化物、硫化物等,这些物质会对锅炉受热面造成严重腐蚀,影响锅炉的使用寿命和安全运行。经济层面,垃圾发电项目投资大、回报周期长,对社会资本的吸引力有限。一个大型垃圾焚烧发电项目的建设需要投入数亿元甚至数十亿元的资金,而且项目建设周期较长,一般需要3-5年甚至更长时间。在项目运营初期,由于垃圾处理量不足、设备调试等原因,项目的经济效益较差,回报周期可能长达10年以上。虽然有政策补贴,但部分地区垃圾处理费回收困难,影响了项目的经济效益和可持续发展。一些地方政府由于财政困难,无法按时足额支付垃圾处理费,导致企业资金周转困难,影响了项目的正常运营。环境层面,垃圾焚烧过程中产生的废气、废水和废渣等污染物,如果处理不当,会对周边环境造成二次污染。垃圾焚烧产生的废气中含有大量的颗粒物、酸性气体、重金属和二噁英等有害物质,如果烟气净化处理不彻底,这些污染物会排放到大气中,对空气质量造成严重影响。例如,二噁英是一种具有强致癌性的物质,对人体健康危害极大。垃圾渗滤液是一种高浓度、成分复杂、难降解的污水,含有大量的有机物、重金属和氨氮等污染物,处理成本较高^[2]。若处理不达标直接排放,会污染土壤和地下水,对生态环境造成长期破坏。垃圾焚烧产生的废渣,如炉渣和飞灰,也需要进行妥善处理。炉渣可以进行综合利用,如制作建筑材料等,但飞灰中含有大量的重金属和有害物质,属于危险废物,需要进行稳定化处理后才能进行安全填埋。

2 生活垃圾发电技术发展趋势

2.1 技术创新与突破

未来,生活垃圾发电技术将朝着高效、清洁、环保的方向不断创新和突破,以满足日益严格的环保要求和不断提高的能源利用效率需求。在焚烧技术方面,将研发更加先进的焚烧炉型和燃烧控制技术,提高垃圾燃烧效率和稳定性,降低污染物排放。例如,采用高温空气燃烧技术,通过预热空气至高温状态,使燃烧过程更加剧烈,提高燃烧温度和燃烧速度,减少有害物质的生

成。富氧燃烧技术则是向燃烧室内通入富氧空气,提高氧气的浓度,促进垃圾的充分燃烧,降低不完全燃烧产物的排放。同时,加强对垃圾焚烧过程中二噁英等污染物生成机理的研究,开发更加有效的二噁英控制技术。目前,一些研究机构正在探索采用催化分解、等离子体处理等技术来降解二噁英,确保烟气排放达到更严格的环保标准。在余热利用技术方面,将提高余热回收效率,采用更高参数的蒸汽轮机发电系统,提高发电效率。例如,研究中间再热循环技术,将汽轮机高压缸已做部分功的蒸汽再引入再热器重新加热,提高蒸汽温度后再引回汽轮机中、低压缸内继续做功,从而提高全厂热效率。与传统的单级循环相比,中间再热循环可以使热效率提高3%-5%。此外,还将探索垃圾焚烧与供热、制冷等多联产技术,实现能源的梯级利用,提高能源综合利用效率。例如,利用垃圾焚烧产生的余热为周边居民区或工业园区提供冬季供暖和夏季制冷服务,实现能源的最大化利用。

2.2 智能化与自动化升级

随着信息技术和自动化技术的不断发展,生活垃圾发电行业将加快智能化和自动化升级步伐,提高生产运营的效率和可靠性。通过引入先进的传感器、物联网、大数据、人工智能等技术,实现对垃圾焚烧过程的实时监测和精准控制。例如,利用传感器实时采集焚烧炉内的温度、压力、氧气含量等参数,并将这些数据通过物联网传输到监控中心。通过大数据分析和人工智能算法,对采集到的数据进行实时分析和处理,自动调整燃烧空气量、给料速度等操作参数,确保焚烧过程始终处于最佳状态,提高燃烧效率和稳定性,降低运行成本和污染物排放。同时,智能化系统还可以对焚烧炉的运行状态进行实时监测和预警,及时发现设备故障隐患,提前采取措施进行维修和保养,避免设备故障的发生。智能化技术还将应用于垃圾发电厂的设备维护和管理。通过对设备运行数据的实时监测和分析,建立设备故障预测模型,提前预测设备故障,实现预防性维护。例如,通过对锅炉受热面的温度、压力等参数的监测,分析受热面的腐蚀和磨损情况,提前安排检修计划,更换受损部件,减少设备停机时间,提高设备可靠性和使用寿命^[3]。此外,利用智能化管理系统,实现对垃圾发电厂生产运营的全过程管理,优化生产流程,提高管理效率和经济效益。例如,通过智能化管理系统对垃圾的收运、储存、焚烧等环节进行统一调度和管理,合理安排生产计划,提高资源利用效率。

2.3 产业协同与资源整合

生活垃圾发电行业将加强与其他相关产业的协同发展和资源整合,形成循环经济产业链,实现资源的最大化利用和环境的最低化影响。一方面,加强与垃圾分类、收集、运输等环节的协同,提高垃圾分类质量,为垃圾发电提供更优质、更稳定的燃料,降低垃圾处理成本。建立垃圾分类与垃圾发电的联动机制,通过宣传教育和政策引导,提高居民的垃圾分类意识,确保可回收物、有害垃圾和厨余垃圾等得到准确分类。对可回收物进行回收利用,减少垃圾总量;对有害垃圾进行安全处理,避免对环境造成污染;将厨余垃圾等可燃物进行集中收集和运输,提高垃圾发电的效率和效益。例如,一些城市已经建立了垃圾分类示范小区,通过智能垃圾分类设备对垃圾进行分类收集,并将分类后的垃圾直接运输到垃圾发电厂进行处理,实现了垃圾分类与垃圾发电的无缝对接。另一方面,加强与电力、热力、环保等产业的融合发展。垃圾发电厂不仅可以发电,还可以向周边地区供热、供冷,实现能源的综合利用。例如,一些大型垃圾发电厂通过建设热力管网,为周边居民区和工业园区提供冬季供暖服务,提高了能源利用效率,减少了煤炭等传统能源的消耗。同时,将垃圾发电与污水处理、污泥处理等环保产业相结合,实现污染物的协同处理和资源化利用。例如,利用垃圾焚烧产生的余热对污水进行加热处理,提高污水处理效率;将污泥与垃圾混合焚烧,实现污泥的无害化处理和资源化利用。污泥中含有大量的有机物和水分,与垃圾混合焚烧可以改善垃圾的燃烧性能,同时减少污泥的处置成本。

2.4 国际化拓展与合作

在全球绿色能源转型的大背景下,生活垃圾发电技术作为可再生能源利用的重要组成部分,具有广阔的国际市场前景。我国垃圾发电企业在技术、设备、运营等方面积累了丰富的经验,具备较强的国际竞争力。未来,我国垃圾发电企业将积极拓展国际市场,加强与国际同行的合作与交流。一方面,通过参与国际项目投

标、收购国外垃圾发电企业等方式,进入国际市场,输出我国的技术、设备和管理经验。例如,北控环保成功收购德国垃圾焚烧发电市场占有率排名第一的EEW公司,中国天楹收购西班牙的综合固废管理平台Urbaser公司,为我国垃圾发电企业“走出去”提供了成功范例。通过收购国外企业,我国企业可以快速获取国外先进的技术和管理经验,提升自身的国际竞争力。同时,还可以利用国外企业的市场渠道和品牌优势,拓展国际市场份额^[4]。另一方面,加强与国际科研机构和企业合作,共同开展技术研发和创新,提高我国垃圾发电技术的国际水平和影响力。例如,与国际知名企业合作研发先进的垃圾焚烧技术和环保设备,共同攻克垃圾发电领域的关键技术难题。通过国际合作,我国企业可以整合全球资源,实现优势互补,推动垃圾发电技术的不断创新和发展。同时,还可以加强与国际组织的合作,参与国际标准的制定,提升我国在垃圾发电领域的国际话语权。

结束语

展望未来,生活垃圾发电技术将朝着技术创新、智能化升级、产业协同和国际化拓展等方向发展。通过不断研发和应用先进技术,提高垃圾发电效率和环保水平;通过智能化和自动化升级,实现垃圾发电厂的高效运行和管理;通过产业协同和资源整合,形成循环经济产业链,提高资源综合利用效率;通过国际化拓展与合作,提升我国垃圾发电技术的国际竞争力。

参考文献

- [1]杨晓宇.北京市生活垃圾焚烧发电的收运和处理现状分析[J].现代商贸工业,2019,40(4):192-194.
- [2]高岩.我国城市垃圾焚烧发电技术的应用及发展趋势[J].山东工业技术,2017,0(21):67-67.
- [3]王亚东.垃圾焚烧渗滤液处理厌氧系统的防结垢设计[J].广东化工,2018,45(3):152-153.
- [4]罗虹霖,胡晖,张敏,张建刚.城市生活垃圾处理技术现状与发展方向[J].污染防治技术,2018,31(3):22-25.