

生活垃圾焚烧发电技术工程应用

董纪明

上海市机电设计研究院有限公司 上海 200040

摘要: 随着现代都市的建立和发展,日常垃圾处理开始成为阻碍都市发展和环境保护的主要原因。2021年国家就已经制定了具体的管理计划,根据《“十四五”城镇生活垃圾分类和处理设施发展规划》中确定的生活废弃物的管理范围和处置方式,要求做到“减量化、无害化、资源化”,同时要求到2025年全市的生活垃圾处理资源化效率超过60%。生活垃圾发电技术成为高效处置生活废弃物,以及提升废物能源效率的核心技术,成为当下处理生活废弃物难题的重要途径。

关键词: 生活垃圾; 焚烧; 发电技术; 应用

1 城市生活垃圾焚烧发电技术应用现状

1.1 生活垃圾焚烧发电设施的现状

随着我国城镇化不断加速推广,近年来垃圾焚烧厂的数量与规模也在不断增长,从大城市到地级市区域扩展,特别是与发电系统相结合后,大大提升生活垃圾资源的利用率,实现能源可持续发展。为国家能源结构改革和“碳达峰”、“碳中和”的实现,做出应有的贡献。

在我国的垃圾处理技术中,技术流派和设备型式有很多,主要有:机械炉排焚烧炉、卧式沸腾干燥机焚烧炉、旋窑焚烧炉和热解物质自动气化焚烧炉等。目前主要以机械炉排式焚烧炉技术为主,经过不断的技术升级,垃圾焚烧发电技术已实现国产化,可完全适应国内垃圾含水率高和热值低的特点,提升废弃物能源的使用率,减少废弃物对生态的破坏,同时也将为中国紧张的煤炭资源供应助力。焚烧垃圾发电技术得以广泛的应用,使垃圾发电技术的开发,同时也获得国家和政府的政策支持,吸引大量资本的投入,这对于垃圾焚烧发电市场的发展,创造了良好的市场环境。

1.2 生活垃圾发电污染控制

生活垃圾在焚烧过程中会生成有害物质,严重破坏生态环境。而国家既要实现能源可持续发展,又要保护生态环境,所以国家为此出台了相关规范标准,项目建设要满足垃圾焚烧发电厂的建设标准,污染物排放要满足烟气、污水、灰渣、噪声和臭气等的污染物排放标准。因此,环保设备设施的建设需要投入大量的资金成本,而这就导致垃圾焚烧厂的建设成本过高^[1]。然而随着环保技术的不断升级,环保技术与设备的成本在不断降低,以及国家对垃圾处理的补贴政策,使项目有了盈利的空间,保证垃圾焚烧处理项目的可持续性发展,为垃圾发电设备的大规模使用奠定保障基础。

2 生活垃圾焚烧发电技术

根据应用场景、处理规模等生活垃圾发电技术具体如下:

2.1 机械炉排炉焚烧技术

机械炉排焚烧炉采用活动式炉排,且燃烧室内根据不同的功能及需氧量,分为干燥段、燃烧段和燃烬段,进行有效充分的燃烧处理。根据垃圾热值的特点,焚烧炉的燃烧室也分为不同的气流模式:低热值高水分的垃圾适合采用逆流式的焚烧炉、高热值的垃圾适合采用顺流式的焚烧炉、中等热值的垃圾适合采用交流式的焚烧炉、而对于垃圾热值四季变化大的适合采用复流式的焚烧炉。故根据不同地区的垃圾特点,选择合适焚烧炉设备。此设备可实现连续自动化操作,是目前最广泛的垃圾焚烧处理设备,且已实现国产化,处理规模大,运行稳定可靠,此设备的应用对国家的能源结构改革做出了很大的推动作用。

2.2 循环流化床焚烧炉技术

循环流化床技术是早于机械炉排炉焚烧技术,实现在国内的应用的,这是一种借助砂介质的均匀传热和蓄热效果达到完全燃烧的目的,但前端对垃圾的处理有限制,需要进行分选、破碎才能入炉燃烧,而且需要掺烧一定比例的煤作为辅助燃料进行焚烧。分选需要人工分选,工作环境脏乱臭,不利于身心健康;掺烧煤不能完全可持续发展,运行成本高,环境排放不达标;故鉴于环境排放难、行业应用推广难等因素,慢慢被机械炉排炉焚烧技术所取代退出历史舞台。

2.3 回转窑焚烧炉技术

回转窑焚烧炉炉体一般为燃料气体混合物以及水冷壁炉墙的圆柱形滚筒。在燃烧废弃物后,将废弃物向回转窑上部供应,筒体慢慢转动,使废弃物不断地翻转或

向后运动, 废弃物慢慢干燥、燃烧、燃尽, 最后排向排渣装置中^[2]。这种工艺的最大弊端, 在于垃圾容量不大、飞灰处理困难、焚烧温度不易控制。易出现燃烧不充分、熔融、氮氧化物过量等弊端, 故不适用大规模的垃圾处理。

2.4 热解气化焚烧炉技术

这是在无氧或缺氧的条件下, 垃圾在热解装置中受热而使有机质分解, 转化成燃气等的技术。根据不同的物料、按不同的温度可分为: 高温热解、中温热解和低温热解。此技术是焚烧处理技术中相对较新焚烧理论, 处理物料相对有针对性, 故垃圾处理规模较小、系统复杂、运行成本较高, 市场应用场景少, 实际应用的案例也很少。

3 垃圾焚烧发电厂主要工艺流程

在众多的生活垃圾处理技术中, 机械炉排炉垃圾焚烧发电技术应用最为广泛, 运行最稳定, 其主要工艺系统流程有: 垃圾转运及储存系统、垃圾焚烧处理系统、余热发电系统、烟气净化系统、渗沥液污水处理系统等, 以及建筑、结构、水、暖、电、仪表控制系统等辅助系统。主要工艺系统描述如下:

3.1 垃圾转运及储存系统

垃圾转运及储存系统是指垃圾进厂到垃圾焚烧炉给料斗入口之间的所有工艺和设备。主要包括: 垃圾称重计量系统、卸料系统、储存发酵系统、抓斗投料系统及渗沥液收集系统。垃圾称重计量是垃圾处理收益的基础数据和依据; 垃圾储存发酵有利于渗沥液的排出和垃圾热值的提升, 有助于垃圾焚烧炉的稳定运行, 提升能源利用效率, 增加发电收益; 且垃圾库内维持负压运行, 可防止臭味扩散, 并且垃圾库的空气通过一次风送入炉内, 即能助燃焚烧, 又能对臭味进行处理。

3.2 焚烧炉系统

焚烧炉系统是由进料系统、炉排、焚烧炉本体、排渣系统、燃烧空气系统和点火辅助燃烧系统等组成。工艺流程为: 垃圾经过进料斗、溜槽, 被推料器送至炉排上, 借助点火、空气助燃等, 垃圾在炉排上进行干燥、燃烧、燃烬焚烧处理, 灰渣经过灰渣斗落入灰渣机排出, 焚烧的烟气经焚烧炉本体上部排入余热炉回收系统^[3]。基本上机械炉排炉焚烧系统都有如下特点:

- (1) 适合国内垃圾高水分、低热值的特点;
- (2) 二燃室内烟气不低于850℃下滞留时间不小于2s, 彻底杜绝二噁英的产生;
- (3) 炉渣热灼减率控制在5%以内;
- (4) 炉内负压运行, 防止臭味外溢;

- (5) 运行稳定、热能利用效率高;
- (6) 炉排有效寿命长, 维护成本低。

3.3 余热发电系统

余热发电系统是由余热炉系统和汽轮机发电系统组成, 主要工艺流程为: 焚烧炉内产生的高温烟气, 由余热锅炉回收利用后产生蒸汽, 并送至汽轮发电机组, 进行能量转换产生电能, 进行并网送电, 产生发电收益。

余热锅炉的型式大致分为: 卧式、立式和 π 型, 可根据建设条件、运行方式的不同, 采用不同型式的余热锅炉; 汽轮发电机组一般采用抽凝机, 既能满足厂内用汽, 又能实现热能循环利用。对于汽机的选型: 一般从蒸汽参数和汽机转速角度考虑, 目前都推荐使用高转速、高参数的汽机, 来提升发电效率, 此方面可根据建设投资和运行维护的技术经济性进行比较来确定^[4]。

3.4 烟气净化系统

烟气净化系统内含有: 脱酸系统、除尘系统、脱硝系统等, 工艺流程为: SNCR炉内脱硝+SDA+干法喷射+活性炭喷射+布袋除尘(或电袋除尘)+GGH+SGH+中温SCR脱硝(或烟气再循环)等。

- (1) SDA+干法喷射+活性炭喷射: 是为去除烟气中的 SO_x 、HCL、二噁英等;
- (2) 布袋除尘(或电袋除尘): 是为了去除烟气中的烟尘、重金属等;
- (3) SNCR炉内脱硝+GGH+SGH+中温SCR脱硝(或烟气再循环): 是为去除烟气中的 NO_x ;

根据建设投资和污染物排放标准, 进行选择烟气净化工艺, 若烟尘、 NO_x 排放标准不高, 可不设电袋除尘器、取消SCR脱硝系统等, 进行达标排放减少建设投资和运行成本。

3.5 渗沥液污水处理系统

渗沥液污水处理方法有多种方法, 例如: 回喷法、生物法、膜法处理、蒸发浓缩工艺等方法。经过多年的技术总结, 渗沥液处理体系中的主要技术可选择为: "预处理系统+高效厌氧反应器+MBR+纳滤+反渗透以及纳滤、反渗透浓缩液深度处理系统", 其中的浓液可选择化学变软+TUF管式软化膜+DTRO+保安RO工艺的深度处理。生化废水实行“浓缩+离心脱水”, 将干泥由管网运输至垃圾料斗或废物仓, 再入炉后焚烧处理, 脱水的干泥浓度一般不超过80%, 污泥脱水机的滤液在污水池中汇集后, 由泵送入预处理装置。物化废水由板框压滤机脱水至含水率不超过的70%, 干泥再由车运至废物仓库焚烧^[1]。

4 生活垃圾焚烧发电系统除臭技术的应用

以上垃圾焚烧发电厂主要工艺技术的选择确定, 决

定垃圾发电厂的成败，但每个垃圾焚烧发电厂都有共同的难点、痛点，例如：全厂臭味的处理。处理不好就会遭到社会民众的投诉，产生邻避效应，为垃圾焚烧发电厂的建设推广形成了阻碍，此事涉及民生，不容小觑。因此，为了变邻避为邻利效应，垃圾焚烧厂的建设都逐步采用去工业化设计、建设环保教育宣传厅等，创造良好的外观形象。同时，又对全场臭味进行重点处理，营造良好的社会环境。

4.1 臭气的来源与除臭技术分析

根据中国国内目前已运行的所有生活垃圾焚烧厂情况，垃圾焚烧发电厂臭气主要来自于以下几方面：

1) 垃圾运输过程中滴漏和卸料过程中撒漏的垃圾渗沥液散发的臭味；

2) 垃圾收集池中的垃圾渗沥液和生活垃圾发酵产生的臭味；

3) 渗滤液处理站厌氧反应产生的臭味。

上述产生的臭气主要成分为氨、硫化氢、胺类、硫醇、甲醇、低分子量有机酸及其它臭味有机物质等。依据国家标准，臭气污染物排放需满足《恶臭污染物排放标准》(GB14554-93)中二级标准^[2]。

臭气防治方法主要有：吸附、吸收、生物分解、化学氧化、燃烧等，具体工艺技术分析如下：

(1) 化学药液吸收法、生物法处理：运行要求苛刻、成本高，不建议采用。

(2) 燃烧法：垃圾发电项目主要除臭方法。

(3) 植物液处理：初投资较大，不宜用作事故除臭装置使用。

(4) 纳米光子除臭：单机处理规模小、设备投资价格高，不建议采用。

(5) 吸附吸收处理：效率高、投资及运行成本低，适合用于应急除臭系统。

经综合比选，适合在垃圾焚烧发电项目上应用的除臭技术为：

(1) 运行期间：采用燃烧法处理；将垃圾库、渗沥液站的臭气送至焚烧炉焚烧进行除臭。

(2) 锅炉事故停运或检修时：采用活性炭吸附吸收处理方法，将垃圾库、渗沥液站的臭气送至活性炭废气净化器装置进行除臭。

4.2 垃圾焚烧发电项目的除臭措施

结合4.1的除臭工艺，以及采用负压、封闭等物理方式，根据垃圾焚烧发电厂不同区域，除臭具体措施有：

4.2.1 厂内垃圾运输区域

(1) 在卸料的进、出口安装风幕，采用贯流式风

幕，放置于窗口一侧，风幕位置与窗口相同，以避免恶臭气体泄露。

(2) 在垃圾转运通道的进出口，设置铝合金涡轮硬质保温快速门，垃圾车驶入时，交替开关，防止臭气外泄^[3]。

4.2.2 卸料大厅区域

(1) 在卸料平台的相应部位设置冲洗水，便于清洗地面，减少臭味存留。

(2) 将卸料大厅维持微负压状态，防止垃圾库的臭气外溢。

4.2.3 垃圾库区域

(1) 保持垃圾库微负压状态，防止垃圾库的臭气外溢。

(2) 在焚烧炉运行时：将垃圾库的臭气，通过一次风送入焚烧炉内，进行焚烧处理；

(3) 在焚烧炉事故、检修停炉时：为了防止垃圾仓内的臭气外溢，采用除臭风机，将臭气送入活性炭吸附式除臭装置进行除臭，达标后排放。

(4) 垃圾坑的渗滤液沟道间设置机械送、排风系统，使垃圾渗滤液收集间呈负压状态，防止臭味外溢。臭气送至垃圾坑，入炉焚烧处理。

(5) 与垃圾库相关的孔洞，均采用钢板预埋、满焊密封的方式连接或其他有效密封方式连接，防止臭味渗漏^[4]。例如：一次风吸风口、通风的送风口、控制室的窗框、垃圾进料斗平台洞口等。

4.2.4 渗沥液处理站

渗滤液处理车间的臭气经收集后送至垃圾库，入炉后焚烧处理。

4.2.5 渣池通风除臭

渣池的臭气，应选择自动进风、机械排风的通风方法。恶臭气体排出管线与焚烧炉引风管相连，将其排出的恶臭气体输送到焚烧炉内进行焚烧除臭。

4.2.6 其他区域除臭设计

(1) 与垃圾库、焚烧间相关的通道，参观走廊与焚烧间、烟气净化间之间，所有的门窗及门框，采取密封处理，特殊位置设置过渡间，防止臭气流传至参观区和办公区。

(2) 参观走廊、集中室、办公室等人员活动密集区域，设置新风换气机组，维持室内正压，防止臭气进入。

结束语

随着城市化进程的持续推进，垃圾焚烧技术也得到了广泛的应用，同时对垃圾焚烧发电的规模化、国产化及运行管理专业化提出了更高的要求。进而促进技术创

新、投资多元化、运行规范化,降低了投资成本和运行成本,提升垃圾发电厂的外在形象和内在技术能力。为达成“十四五规划”目标,推动国家能源可持续发展,加快国家能源结构改革,助力“碳达峰、碳中和”,起到了推动作用。所以焚烧垃圾发电技术的应用,将来会得到全社会民众的认可,为建立环境友好型社会和可持续发展的能源结构,作出应有的贡献。

参考文献

- [1]汤侯周.关于生活垃圾焚烧发电项目环境影响中关注问题简要分析[J].农村实用技术,2021(4):165-166.
- [2]杨磊,谢飞,张宇.生活垃圾焚烧发电厂烟尘中重金属沉降对土壤环境影响分析[J].北方环境,2020,32(1):36+38.
- [3]林欢,龚蔚成,王旭伟.城市生活垃圾焚烧发电技术的研究及应用[J].中国环保产业,2019(1):50-52.
- [4]李先桂,罗林,韦民建.城市生活垃圾焚烧发电技术探讨与展望[J].中国战略新兴产业,2018(44):28.