

浅谈生活垃圾焚烧发电项目废气污染防治技术

王瑶

河北雄安光大生态产业园有限公司

摘要：随着中国城市化进程的加速和生活垃圾的数量日益增加，垃圾焚烧发电是目前最有效的资源化、减量化、无害化处理方式。在生活垃圾焚烧过程中会产生大量热能，可以用来产生蒸汽发电，实现能源利用。同时，垃圾焚烧过程中也会产生大量烟气，其中含有有害物质，会对环境产生污染。因此，需要重点关注焚烧处理过程中烟气有害物质的净化技术。

关键词：简述；工艺流程；防治技术

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-6261.2022.11.203

引言

随着城市化进程的加速和人们生活水平的提高，生活垃圾的数量急剧增加，给环境带来了巨大压力。生活垃圾焚烧发电作为一种有效的垃圾处理和资源化利用方式，得到了广泛应用。然而，焚烧过程中产生的废气污染问题不容忽视，对大气环境和人体健康构成了潜在威胁。因此，研究生活垃圾焚烧发电项目废气污染防治技术具有重要的现实意义和环保价值。生活垃圾焚烧发电项目废气污染防治技术的目标是降低废气中污染物的排放浓度，确保达标排放，减少对环境的污染。这涉及多个环节，包括焚烧炉的设计、燃烧控制、烟气净化处理等。通过采用先进的废气污染防治技术，可以有效地控制废气污染物的产生和排放，实现垃圾焚烧发电的清洁、高效运行。

一、生活垃圾焚烧发电简述

生活垃圾焚烧发电是将废物经过分类处理后，送入焚烧炉中焚烧，通过余热锅炉将焚烧产生的热能转化为蒸汽，然后由蒸汽带动涡轮进行发电。整个过程首先将收集的生活垃圾运至焚烧厂，经过称重后倾倒入垃圾池内。然后，通过垃圾吊将垃圾送入给料斗，使其落至锅炉炉排进行燃烧。它通过将生活垃圾进行高温焚烧，将垃圾中的化学能转化为热能，进而通过热能发电系统转化为电能。它实现了垃圾的无害化、减量化处理，大大减少了垃圾对环境的污染。其次，焚烧发电技术能够回收垃圾中的能量，将其转化为电能，提高了能源的利用效率。此外，焚烧发电技术还可以消灭垃圾中的病菌、病毒等有害物质，保障公共卫生安全。这种方式不仅解决了垃圾处理问题，还实现了能源的回收利用，对于推动可持续发展具有重要意义。

二、生活垃圾焚烧发电工艺流程

生活垃圾焚烧发电工艺过程主要包括垃圾接收储存上料、垃圾焚烧、热力发电、烟气净化几部分。在整个工艺流程中，各环节紧密相连，共同确保生活垃圾的有效处理和电能的稳定生成。同时，通过采用先进的烟

气净化技术和设备，可以最大限度地减少焚烧过程中对环境的影响，实现垃圾处理的环保和经济效益的双重提升。

（一）垃圾接收储存上料

我国生活垃圾是每天收运，但因现阶段生活垃圾普遍含水量较高，导致垃圾热值偏低。为保证充分燃烧，生活垃圾由垃圾车运输卸入垃圾池后，需在垃圾池内堆放一段时间，经过发酵提高垃圾热值，正常堆放发酵时间约7d。堆放发酵过程产生的渗滤液通过垃圾池底部设置的渗滤液收集系统，将渗滤液从垃圾池内排除，汇集入渗滤液收集池。经堆放发酵好的垃圾由垃圾抓斗起重机送入焚烧炉进料斗，进入进料斗的垃圾在推料器的推送下进入焚烧炉进行焚烧。利用垃圾装载机从城市的各处垃圾站等地点进行收集。垃圾被运至焚烧发电厂后，先经地磅房进行自动称重，数据由计算机记录和存储。称重后的垃圾进入垃圾储坑中进行储存，这一步骤既方便了垃圾的集中处理，又节省了焚烧发电厂的垃圾堆放空间。当垃圾储存量足够进行发电时，利用抓斗将其放入焚烧炉上的料坑中，为后续的焚烧处理做准备。这些步骤的有效执行，不仅关系到垃圾处理的效率，更直接影响到最终的处理效果和环保标准。因此，在实际操作中，需要严格按照相关规定和流程进行，确保每一步都做到位，以实现垃圾处理的减量化、无害化和资源化。

（二）垃圾焚烧

焚烧炉是整个垃圾焚烧系统的核心，也是最关键的一个环节。目前国内外生活垃圾焚烧炉炉型主要有机械炉排炉、流化床焚烧炉、热解焚烧炉、回转窑焚烧炉四类。而应用较多，技术成熟的生活垃圾焚烧炉主要有机械炉排炉和流化床焚烧炉，其中又以机械炉排炉更具优势。机械炉排炉采用层状技术，具有对垃圾预处理要求不高、对垃圾热值适应范围广和运行维护简便等优点。由于其减量化效果显著，节省用地，还能消灭各种病原体，将有毒有害物质转化为无害物，所以垃圾焚烧已成为城市垃圾处理的主要方法之一。

（三）热力发电

垃圾焚烧放出的热量由余热锅炉内水冷壁吸收产生饱和蒸汽，饱和蒸汽进一步吸收热量变为过热蒸汽，过热蒸汽汇集到主蒸汽母管，经汽机主汽门进入汽轮机中做功驱动发电机发电。热力发电在现代阶段主要采用更加高效的设备，如燃气轮机和蒸汽轮机，同时结合先进的燃烧技术和控制系统，以提高能源利用效率和发电效率。常见的热力发电应用包括火力发电厂、核电站、燃气轮机发电厂以及分布式能源系统等。热力发电在能源供应中占据重要地位，是衡量一个国家经济发展情况的重要标准之一。

（四）烟气净化

垃圾焚烧过程中会产生一些有害气体，烟气净化系统对这些有害气体进行处理。常见的烟气净化方式有干法、半干法和湿法、SCR和SNCR、与不同袋式除尘器之间的搭配。干法烟气净化主要利用固体吸附剂或专用的氧化剂来去除烟气中的污染物。这种方法不需要使用水或其他液体，因此不会产生二次污染。干法脱硫就是一个典型的例子，它利用氧气使硫化氢氧化成硫或硫化物，或使用专用的氧化铁吸收剂将硫化氢转化为硫化铁。干法设备结构简单，使用方便，且不需要人员值守，但运行费用较高，适用于处理气量较小、脱硫精度要求高的气体。半干法烟气净化则介于干法和湿法之间，如旋转喷雾半干法。它利用一定浓度的石灰浆与烟气中的酸性气体进行反应，再通过烟气余热蒸发反应物中的水分，形成干态固体排出。这种方法对操作水平要求较高，需要严格控制停留时间和反应塔进出口的温度差。湿法烟气净化则通过水膜将烟气中的污染物溶解在水中，转化为易于处理的液态或固态物质。例如，湿法油烟净化就是通过喷淋雾化水与油烟气体充分接触反应，将油烟颗粒和气体中的有机物质溶解到水中，然后经过分离和过滤等过程，实现净化。湿法净化具有净化效果更好、运行成本更低等优点。SCR（选择性催化还原）和SNCR（选择性非催化还原）技术则是针对烟气中的NO_x进行脱除的有效方法。SCR利用催化剂将NO_x转化为无害的氮气和水蒸气，而SNCR则在没有催化剂的情况下，通过高温使还原剂与NO_x反应。这两种技术可以单独使用，也可以结合使用，以充分发挥各自的优势。与袋式除尘器的搭配方面，干法、半干法和湿法的净化系统都可以与袋式除尘器结合使用。袋式除尘器可以有效地捕集烟气中的粉尘颗粒，与上述净化技术结合使用，可以进一步提高烟气的净化效果。具体的搭配方式需要根据烟气的成分、处理量以及排放标准等因素进行选择和优化。

三、生活垃圾焚烧发电过程中废气污染物产生情况及防治技术

（一）污染物产生情况

垃圾焚烧烟气中含有1%左右的有害污染物，主要包括：①颗粒物；②酸性污染物，包括氯化氢、氟化氢、硫化物及氮氧化物等；③重金属，包括铅、汞+镉，及锰、铬、砷、钛、锌、铝、铁等单质与氧化物等；④残余有机物，包括二噁英类等。具体来说，颗粒物主要来源于垃圾中的无机物和有机物的燃烧和化学反应；酸性气体则主要来源于垃圾中的含硫、含氯和含氮物质的燃烧；重金属污染物则主要来源于垃圾中含有的重金属元素及其化合物的挥发和排放；而有机污染物则可能来源于垃圾中的有机物质的不完全燃烧和复杂的化学反应。为了减少烟雾的产生和污染物的排放，垃圾焚烧发电厂通常会采用先进的焚烧技术和烟气净化系统。这些系统可以有效地去除烟雾中的大部分污染物，使其达到环保标准后再排放到大气中。同时，对垃圾进行预处理和分类，提高垃圾的热值和燃烧效率，也是减少烟雾产生的重要措施。

（二）烟气净化技术

烟气净化工艺是根据烟气排放标准对烟气中的污染物进行控制。目前烟气净化工艺一般包括粉尘颗粒物的去除、酸性气体的去除、NO_x去除三部分。

（1）粉尘颗粒物的去除工艺

除尘工艺经过多年实践，公认以采用布袋除尘器为最佳选择。同时根据由我国环保部颁布的《生活垃圾焚烧污染控制标准》（GB18485-2014）中明确规定生活垃圾焚烧炉除尘装置必须采用袋式除尘器，所以生活垃圾焚烧类企业焚烧炉除尘装置均采用袋式除尘器。而某些地区因不同地域排放限值要求的特殊性，会在余热锅炉省煤器之前加装预除尘工艺，已达到更高的除尘效果、更低的排放浓度。例如以下几种，袋式除尘法：这是一种常见的除尘方法，通过含尘气体进入袋式除尘器，颗粒物被滤袋捕获，而清洁的气体则通过滤袋排出。随着过滤的进行，滤袋上的粉尘会逐渐积累，需要定期进行清灰操作，以保证除尘效果。脉冲袋式集尘法：这是一种周期性的除尘方法，通过向滤袋内或滤袋外注入压缩空气，使滤袋上的粉尘脱落，达到清灰的目的。这种方法可以有效地清除滤袋上的积尘，保持除尘器的持续高效运行。化学抑尘技术：这种方法是通过向水中添加化学抑尘药剂，优化水溶液的化学和物理特性，使其能够更有效地捕集粉尘。化学抑尘剂可以分为湿润型、黏结型和凝聚型，它们分别通过减小水表面张力、黏结粉尘颗粒和吸取水分等方式，实现粉尘的有效控制。惯性除尘法：利用粉尘与气体在运动中的惯性力不同，使粉尘从气流中分离出来。常用的设备有反转式和碰撞式惯性除尘器，它们适用于非黏性、非纤维性粉尘的去除。离

心力除尘法：通过使含尘气体在除尘装置内沿一定方向作连续旋转运动，粒子在随气流旋转中获得离心力，从而实现粒子从气流中的分离。

(2) 酸性气体的去除工艺

酸性气体的去除工艺主要有干法、半干法、湿法三种，其酸性气体去除率分别为80%、90%和98%，但吸收剂Ca(OH)₂的消耗过量系数分别为3、2和1。

各单体工艺比较如下表：

序号	指标	干法	半干法	湿法
1	运行稳定性	高	高	高
2	HCl去除效率	>80%	>90%	>98%
3	SO ₂ 去除效率	>75%	>85%	>95%
4	水消耗	较少	较少	多
5	原料消耗	多	较少	最少
6	电耗	最小	较少	大
7	投资	最小	较少	大
8	维护费用	最小	较少	大
9	国内运用情况	较少	多	最少

半干法在国内已有较多成功的应用实力，积累了一

定的运行经验。湿法净化工艺的酸性气体脱除效率最高，但投资及运行费用高，只在少数经济发达国家广泛应用。通常考虑干法、半干法、湿法组合的工艺更为经济可行。“炉内干法喷射+半干法+干法+湿法”的组合工艺在我国多个项目中应用，这种组合工艺技术成熟，整体运行可靠，控制方便灵活。

(3) NO_x去除工艺

现阶段烟气脱硝技术主要是选择性催化还原法（SCR）和选择性非催化还原法（SNCR）两种。脱硝常用的方式有SNCR法、SCR法和SNCR+SCR组合技术，三种方法比较如下：

如NO_x排放要求不高（浓度高于200mg/Nm³），则可以采用SNCR；如NO_x的排放浓度要求脱硝效率高达80%以上，则需采用SNCR+SCR或SCR工艺。目前国内已有多个已建和在建的垃圾焚烧项目采用SNCR+SCR处理工艺的工程实例（北京鲁家山项目、高安屯二期项目、广州增城项目、宁波鄞州项目、深圳东部项目、光大南京江南项目）。

序号	指标	SNCR	SCR	SNCR+SCR
1	反应温度	800-1100℃	165-200℃	850℃/约180℃
2	反应地点	炉膛内	炉外的催化脱氮器	炉膛内+炉外
3	还原剂	尿素或氨水	氨水	尿素或氨水
4	净化效率	50%-65%	80%-95%	50%/80%-90%
5	烟气再加热器	不需要	需要加热，因此需要设置烟气再加热器	不需要/需要加热，因此需要设置烟气再加热器
6	运行费用	少	高（全部承担NO _x 脱除负荷，催化剂损耗大）	中（先行脱除一部分NO _x ，降低了催化剂的损耗）
7	设备使用寿命	长	较短（全部承担NO _x 脱除负荷，催化剂更换频繁）	中（先行脱除一部分NO _x ，降低了催化剂的损耗）
8	占地面积	无需烟气再加热器和催化剂反应塔，占地面积较小	需要设置烟气再加热器和催化剂反应塔，占地面积较大	需要设置烟气再加热器和催化剂反应塔，占地面积较大
9	NO _x 的保证值	150-200mg/Nm ³	50-100mg/Nm ³	50-100mg/Nm ³
10	投资	小	大	中

四、结束语

随着人民环保意识的增强，政府对环保产业的支持逐渐加大，政策环境逐渐趋向严格。这也意味着对垃圾焚烧污染物排放有更高的处理要求、更低的排放限值。我国垃圾焚烧烟气处理技术经过多年实践探索已经非常成熟及科学标准化，国家和地方政府也在相应的政策中提出支持垃圾焚烧烟气处理技术的推广应用。例如，《山东省生活垃圾焚烧污染控制技术导则》和《上海市建设垃圾焚烧厂的技术规定》等地方性政策文件中都对垃圾焚烧烟气处理技术给予了明确的支持。本文对比分析了烟气净化除尘、脱酸、脱硝三大环节不同处理工艺

效果，为垃圾焚烧发电项目选择更优的烟气净化组合工艺提供了参考支持。

参考文献

- [1] 张芳，生活垃圾焚烧发电工艺及废气污染防治对策研究[J]，环境与发展，2020（09）：41-43.
- [2] 王国琦，城市生活垃圾焚烧发电技术及烟气处理[J]，中国新技术新产品，2020（02）：131-132.
- [3] 胡青松，生活垃圾焚烧发电技术发展趋势[J]，化纤与纺织技术，2021（07）：37-38.
- [4] 白良成，生活垃圾焚烧处理工程技术[M]，北京：中国建筑工业出版社，2009：260.