

试验研究

分散式垃圾热解气化与烟气净化装置的研究

曾毅夫^{1,2}, 刘强^{1,2}, 邱敬贤^{1,2}, 何曦^{1,2}

(1. 航天凯天环保科技股份有限责任公司, 湖南 长沙 410100;

2. 长沙环保(服务)工业技术研究院, 湖南 长沙 410100)

摘要:针对农村生活垃圾开发了新型热解气化与烟气净化系统,以热解气化分解生活垃圾并焚烧可燃气体,将产生的烟气冷却至 250℃以下,通过旋风除尘、脱酸除雾、脱雾除尘等工序进行净化处理。应用结果表明:焚烧炉烟气经该工艺处理后,各项指标均可达到《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB18485-2014)要求。

关键词:农村生活垃圾;热解气化;烟气净化;环保

中图分类号:X701

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2018)05-0037-04

RESEARCH ON PYROLYSIS AND GASIFICATION OF DECENTRALIZED GARBAGE AND FLUE GAS PURIFICATION EQUIPMENT

ZENG Yi-fu^{1,2}, LIU Qiang^{1,2}, QIU Jing-xian^{1,2}, HE Xi^{1,2}

(1. Aerospace Kaitian Environmental Technology Co., Ltd., Changsha 410100, China;

2. Changsha Environmental Protection (Service) Industrial Technology Research Institute,
Changsha 410100, China)

Abstract: New pyrolysis, gasification and flue gas purification system was developed to treat rural household garbage. Rural household garbage was pyrolyzed and gasified to produce combustible gas. The fuel gas was cooled down to a temperature under 250℃, and then treated by centrifugal dust separator, and deacidification, mist removal, dedusting processes. The applications showed that, the indicators of treated fuel gas satisfied the requirements of Standard for Pollution Control on the Municipal Solid Waste Incineration (GB18485-2014).

Key words: Rural household garbage; Pyrolysis and gasification; Flue gas purification; Environmental protection.

随着人们生活水平的提高,产生了越来越多的生活垃圾。垃圾是不卫生、不文明的标志,也是环境脏乱差最突出的表现。生活垃圾由于产出量大,成分复杂多样,且具有污染性,如不能妥善处理,就会污染环境。在农村地区,由于农村基础设

施相对落后,产生的生活垃圾没有得到很好的解决,问题更加的突出。目前农村生活垃圾污染已经成为了亟待解决的重大环境影响问题^[1]。

1 农村垃圾现状

农村地区大部分的生活垃圾采用简单填埋、堆放焚烧、随意倾倒三种处理方式。农村生活垃圾随意堆放,造成严重的“垃圾围村”现象,导致农民的房前屋后成了垃圾场,房屋附近的农田也成了垃圾站,行走的道路更是充斥着五颜六色的垃圾袋,直接威胁到农民的生产生活用地,威胁到农民

收稿日期:2018-03-10

作者简介:曾毅夫,男,汉族,现任航天凯天环保科技股份有限责任公司技术副总裁、技术研发中心负责人。从事环保技术开发、环保工程设计、技术咨询等工作近 30 年,在有机废气治理、臭气治理、烟气治理等领域有丰富的理论基础和实践经验。作为专家参与实施了包括国家 863 计划项目在内的多项国家、省、市级科研项目,发表了科技论文 20 余篇,获得授权国家专利 50 余项。

的生活环境,威胁到村庄公共环境的治理,严重影响了人居环境,制约了社会主义新农村和美丽乡村建设的顺利进行。此外,时间一长,会有氨、硫化物等有毒有害气体排出,污染大气环境,同时也会对水体造成严重污染。大大小小的垃圾堆放和填埋,不仅侵占了农村的大量土地,而且还会成为苍蝇、蚊虫等病原体滋生的场所。露天堆放的垃圾在腐败过程中,会将垃圾中的重金属溶解排放出来,进入地表水和地下水,造成严重的土壤和水体污染。重金属等有毒有害污染物通过污染土壤中种植的农作物转移到人们食用的农产品中,间接增加了食品质量的安全风险^[2]。

垃圾直接堆放燃烧会产生大量的硫化物、氮氧化物、二噁英、粉尘等有毒有害气体。尤其是二噁英这样的致癌气体也会在焚烧时产生并且数量巨大,会直接危害到周边人群的身心健康。垃圾直接堆放焚烧所产生的气体,如果不经过任何处理,会对大气、水源造成严重的污染。另外垃圾焚烧过程中还会产生臭气,能够影响周边1公里左右范围内的区域,直接危害到周围生活居民的身心健康^[3]。

据调查,目前农村每天每人产生的生活垃圾量为0.86公斤,全国农村每年的生活垃圾量接近3亿吨。2014年的统计表明,我国建制镇(乡)建成区的生活垃圾处理率约70%,2016年时,我国进行生活垃圾处理的行政村比例为65%,建制镇(乡)建成区垃圾的无害化处理率不到30%,行政村的生活垃圾无害化处理率则更低^[4]。

2 政策支持

随着人们环保意识的不断提高,环境问题越来越受重视。国家相继出台了一系列关于农村垃圾处理的政策文件。

2010年,环境保护部发布了《农村生活污染防治技术政策》,用于指导农村居民日常生活中产生的生活污水、生活垃圾等生活污染防治的规划和设施建设;2011年,国家环境保护“十二五”规划中,提出要“提高农村垃圾处理水平,加强农村生活垃圾的收集、转运、处置设施建设,统筹建设城市和县城周边的村镇无害化处理设施和收运系统;交通不便的地区要探索就地处理模式,引导农村生活垃圾实现源头分类、就地减量、资源化利

用”。

2015年初,一号文件首次写入“农村垃圾治理”,党的十八届五中全会通过的“十三五”规划也提出,要“开展农村人居环境整治行动”,尤其是2015年11月,住建部等十部门联合发布《全面推进农村垃圾治理的指导意见》,更是使得农村垃圾治理工作得到极大推动。

2017年中央一号文件提出,深入开展农村人居环境治理和美丽宜居乡村建设,我国再度发力整治农村环境,为建设“美丽乡村”而努力。一号文件明确,进农村生活垃圾治理专项行动,促进垃圾分类和资源化利用,开展城乡垃圾乱排乱放集中排查整治行动。

2017年政府工作报告也指出,要深入推进农村人居环境整治,建设既有现代文明、又具田园风光的美丽乡村。根据《全国农村环境综合整治“十三五”规划》,我国仅有60%的建制村生活垃圾得到处理。当前,“垃圾围村”等现象依然存在,解决农村垃圾问题刻不容缓。

3 分散式垃圾热解气化与烟气净化装置

为了响应国家建设美丽乡村的号召,适应当前越来越严格的环保要求,同时也是为了改善农村人居环境,打造村容整洁的新农村,提高农村生活垃圾无害化处理率,在充分市场调研后进行了“中小型生活垃圾热解气化与烟气净化系统研究及产业化示范”的项目立项,以5~100 t/d的焚烧炉为研究对象。立项后首先是查阅资料文献及相关标准规范,然后编制了实验方案,对焚烧炉炉体、烟气特性分析、烟气治理关键因素分析、关键设备等进行了研制、结构优化及技术攻关,设备开发后进行了小试、中试以及系统技术集成,根据试验结果进行相应的系统结构集成优化调整以达到《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB18485-2014)的排放标准。

3.1 技术工艺

针对农村生活垃圾快速化、无害化、减量化的处理要求,通过重点研究生活垃圾热解气化、焚烧烟气成分分析及无害化处理技术、系统关键设备的研制、结构优化设计等,开发出满足村镇分散处理要求、满足国家排放标准要求的中小型生活垃圾热解气化及烟气净化系统,重点创新研制了具

有热解气化功能且一燃室和二燃室一体化的垃圾热解炉、气流组织合理的急冷塔、高效脱酸除尘一体的脱酸塔、带脱雾高效除尘去除二噁英的脱雾除尘器。具体工艺路线如图 1 所示:通过热解气化炉对生活垃圾进行热解气化处理,达到快速化和减量化的处理要求,产生的烟气经过急冷塔的冷却,温度降到 250 ℃ 以下,通过旋风除尘器初步除尘后再通过脱酸塔除去烟气中 SO_2 、 HCl 等酸性气体和部分粉尘,最后通过脱雾除尘器除去烟气中的水汽、剩余的粉尘和二噁英,最后达标排放。

具体的工艺流程说明:



图 1 具体工艺路线

(1) 生活垃圾送至堆放场,经堆放场初步筛选后,垃圾送入垃圾热解气化炉;

(2) 热解气化炉配有二燃室,热解炉一燃室产生的可燃气体在二燃室中进行充分燃烧;

(3) 经二燃室燃烧产生的烟气进入后续的烟气处理设备;

(4) 首先是经过降温系统,降温后的烟气进入旋风除尘器,脱除烟气中的颗粒物;

(6) 经除尘处理后的烟气,由引风机送入脱酸除雾塔,脱除烟气中硫化物、 HCl 、 HF 及微细粉尘、焦油;

(7) 烟气送入脱雾除尘器装置,脱除二噁英、粉尘等有害气体;

(8) 净化后的烟气经烟囱排入大气。

3.2 技术原理

垃圾热解气化的主要产物是可燃的低分子化合物:气态的氢气、甲烷、一氧化碳;液态的甲醇、丙酮、醋酸、乙醛等有机物及焦油、溶剂油等;固态的主要是焦炭和炭黑。

热解气化炉由一燃室、二燃室组成。一燃室炉膛内部采用分层式燃烧,由烘干、气化和燃烧三个部分组成,依靠底部部分废弃物的燃烧热控制温度 600~800 ℃。在上述热解最佳温度(600 ℃左右)

下烘烤上部废弃物,使上部废弃物中的可热解物质的化合键断裂,转化为小分子量的可燃气体;然后在二燃室供给充足的空气,使可燃气体完全、充分燃烧,温度可达 850~1 100 ℃,并保证停留时间大于 2 s,使有毒有害物质在高温下完全氧化分解。

热分解系统能有效抑制剧毒物质二噁英的产生。主要原因在于一燃室的运行条件限制了二噁英的形成,原理如下:

(1) 一燃室中的空气比例要低于化学当量需要的空气量(一般情况下控制化学当量的 40%~70% 空气进入一燃室),因此在一燃室中的燃烧氧化过程是在缺氧的状态下进行,因而限制了二噁英在一燃室中产生;

(2) 一燃室中的缺氧条件也限制了金属氧化物如 CuO 在燃烧室反应中产生,因而进一步限制了 CuCl_2 形成, CuCl_2 是二噁英形成的强力催化剂;

(3) 一燃室中的燃烧温度控制在 750~850 ℃ 范围内。在此温度范围内能限制二噁英的形成;

(4) 在一燃室中的缺氧条件也使产生的烟气含有高浓度的碳和氢,因此氯与氢结合(化学反应)而避免了二噁英的生成;

(5) 二燃室实现高温破坏二噁英。二燃室中的温度控制在 850~1 100 ℃,高温烟气在二燃室中的停留时间控制在不低于 2s,实现二噁英的高温分解以及控制其它有害物质的形成。二燃室的烟气和氧气完全混合,温度分布均匀,这就实现了对有毒物质生成的再次把控:即使在一燃室中产生了少量的二噁英,也不能在二燃室中存在。

经过充分燃烧的烟气经过化学中和、惯性、离心力、过滤拦截将含有 SO_2 、 HCl 、颗粒物、 CO 、 NO_x 、重金属等去除,净化后能达到排放要求。

3.3 烟气检测结果

本项目经第三方检测,烟气各项指标均优于《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB18485-2014)的排放标准,尤其是二噁英类物质,检测结果为 0.002 ng TEQ/m³,远远优于 0.1 ng TEQ/m³ 排放标准。

3.4 技术优势

生活垃圾先在无氧或缺氧条件下进行一燃室的热解气化,粉尘产生量小,大大减轻后续尾气净

表1 烟气检测结果

序号	污染物项目	检测值	限制
1	颗粒物(mg/m ³)	4	30
2	氮氧化物(NO _x)(mg/m ³)	60	300
3	二氧化硫(SO ₂)(mg/m ³)	4	100
4	氯化氢(HCl)(mg/m ³)	4.9	60
5	汞及其化合物(以 Hg 计)(mg/m ³)	0.03	0.05
6	镉、铊及其化合物(以 Cd+Tl 计)(mg/m ³)	0.0024	0.1
7	锑、砷、铅、铬、钴、铜、锰、镍及其化合物 (以 Sb+As+Pb+Cr+CO+Cu+Mn+Ni 计)(mg/m ³)	0.0.75	1.0
8	二噁英类(ngTEQ/m ³)	0.002	0.1
9	一氧化碳(CO)(mg/m ³)	35	100

化工段的负荷,然后在富氧条件进行二燃室的高温气体燃烧氧化,避免二噁英的产生。在垃圾焚烧炉顶部设置进料斗及双层进料门,双层进料门分别设置配重,该种双层门的设计有利于炉内垃圾的充分燃烧。为确保炉内垃圾松散的落入炉内,确保炉内不出现停火的现象,在垃圾焚烧炉内部设置斗拱,有利于外部空气的吹入,确保垃圾的充分燃烧。

由于生活垃圾热解气化焚烧过程中采取不同阶段精准的控制,故能达到规定的烟气排放标准。采用封炉技术。当需短时间内停炉时,可采用封炉技术,保证炉内不熄火。下次运行时不需重新点炉,大大节省燃料的消耗。可以实现连续进料、连续出渣,并且可处理 5~100 t/d 的生活垃圾。

垃圾焚烧面临着较大的挑战,首先垃圾焚烧烟气排放标准日趋严格,特别是二噁英公众关注度极高,其次焚烧后的飞灰处理仍然是悬而未决的问题,富集重金属和二噁英类污染物的焚烧飞灰安全处理率低,技术路线不明确。本项目是在现有生活垃圾焚烧技术的基础上改进发展,不是将垃圾进行简单的焚烧,而是在焚烧之前先将垃圾热解气化,再将气化烟气进行燃烧。本项目与传统焚烧技术相比,不仅具有焚烧的优点,还能大量减少烟气量和飞灰的产生,最重要的是能避免二噁英的生成,有利于烟气的净化,降低了二次污染物的排放水平,对环境更加安全。

3.5 应用情况

本公司已在多个项目应用生活垃圾热解气化处理及烟气净化系统,项目范围覆盖全国各地,包括:湖南、陕西、甘肃、贵州等地,表明研发的垃圾热解气化垃圾系统适合我国广泛的农村地区。

表2 技术应用情况

项目名称	规模(t/d)	备注(台数)
郴州汝城文明瑶族无害化处理站	5	1
贵州关岭无害化处理站	30	1
陕西商洛丹凤竹林关无害化处理站	5	1
甘肃清水无害化处理站	10	3
甘肃甘谷无害化处理站	5	2
广东省普宁林惠山村无害化处理站	10	1
平江福寿山镇无害化处理站	5	1
湖南龙山无害化处理站	5	1
湖南望城六合围垃圾处理站	5	1
湖南平江冬塔垃圾处理站	5	1

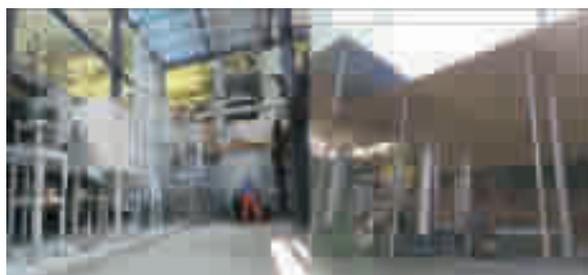


图2 部分项目现场

4 结论

本项目以热解气化的原理分解生活垃圾,将热解气化后产生的可燃气体焚烧,将产生的烟气经过一系列除尘、脱酸以及二噁英去除等,使排放的尾气达到《生活垃圾焚烧污染控制标准》(GB18485-2014)排放标准。本项目以解决农村生活垃圾处理为目的,主要规格为 5~100 t/d。装置运行时,除首次点火需要借助外界能源外,运行时无需添加辅助燃料,是一种投资和运行成本低,操作简单,无害化处理垃圾技术。本项目符合我国农村生活垃圾处理的现实需求,填补了乡镇一级生活垃圾处理设备的空白。

参考文献

- [1]岑超平,陈雄波,韩琪,等.对农村生活垃圾小规模焚烧的思考[J].环境保护,2016,44(21):42-44.
- [2]王波,王夏晖,郑利杰.我国农村生活垃圾处理行业发展路径解析[J].环境与可持续发展,2016,41(5):37-41.
- [3]岳波,张志彬,孙英杰,等.我国农村生活垃圾的产生特征研究[J].环境科学与技术,2014,(6):129-134.
- [4]朱世朋,李云峰,唐永顺.浅谈农村生活垃圾问题[J].内江科技,2010,31(5):4-4.