

煤与城市生活垃圾高温炭化处理技术

刘波^{1,2}, 李世青², 廖洪强², 王忠卫¹, 赵鹏², 吴朝锋²

(1. 山东科技大学, 山东青岛 266510;

2. 首钢总公司环保产业事业部设计技术中心, 北京 100041)

摘要:综合论述了目前国内外城市生活垃圾处理技术现状,分析了各类技术的优缺点及应用范围。结合我国城市生活垃圾的特性,提出了今后我国城市生活垃圾应走综合处置和清洁能源化为主的道路。通过不同处理方法和技术的分析比较,提出了利用传统焦化工艺系统来实现煤与生活垃圾高温炭化处理的技术思路。

关键词:城市生活垃圾;综合处置;焦化工艺;高温炭化

中图分类号: X705 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8759(2010)05-0008-05

THE TECHNOLOGY OF HIGH-TEMPERATURE CARBONIZATION OF COAL AND MUNICIPAL SOLID WASTE

LIU Bo^{1,2}, LI Shi-qing², LIAO Hong-qiang², WANG ZHONG-wei¹,
ZHAO Peng², WU Chao-feng²

(1. Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266510, China;

2. Technology Center of Shougang Environmental Protection Industry Department,
Beijing 100041, China)

Abstract: The current technology situations of municipal solid waste disposal were summarized. The characteristics and applied range of these disposal technologies were analysed. Combining with the characteristics of MSW in China, the main disposal way of jointed-disposal and clean energy should be followed. Based on the analysis on the disposal means and technologies of MSW, the technical idea of using traditional coking process system to achieve high-temperature carbonization of coal and MSW was proposed.

Keywords: municipal solid waste; jointed-disposal; coking process; high-temperature carbonization

0 前言

随着我国经济的迅速发展,城市生活垃圾产生量急速增加,垃圾占用土地、污染环境的状况以及对市民健康的潜在影响日益突出,已经成为经济发展和城市化进程中的不和谐因素。据统计,

2009年我国城镇人口已达6亿,生活垃圾产生量超过1.55亿t,且以每年8%~10%的速度递增^[1]。城市生活垃圾中蕴藏着大量资源和能源,如何资源化利用城市生活垃圾,在解决垃圾污染环境的同时获得可再生资源和能源,已成为世界各国关注的重大课题。

1 国内外城市生活垃圾处理技术现状

由于城市生活垃圾成分复杂,并受经济发展

水平、能源结构、自然条件及传统习惯等因素的影响,所以国内外对生活垃圾的处理很难有统一的模式。目前国内外生活垃圾处理主要采用卫生填埋、高温堆肥、焚烧和热解4种处理技术。

卫生填埋是采用底层防渗,垃圾分层填埋,压实后顶层覆盖土层,使垃圾在厌氧条件下发酵,以达到无害化处理的方法,工艺流程如图1所示。卫

生填埋虽然处理量大、操作管理比较简单,但存在明显的缺点:填埋过程中产生的垃圾渗沥液容易污染地下水及土壤;占用了大量土地资源;影响土壤通透性和渗水性,破坏土质,影响植物生长。目前我国城市生活垃圾处理方式主要以填埋为主,不仅占用了大量土地资源,而且是一种资源的严重浪费^[2]。

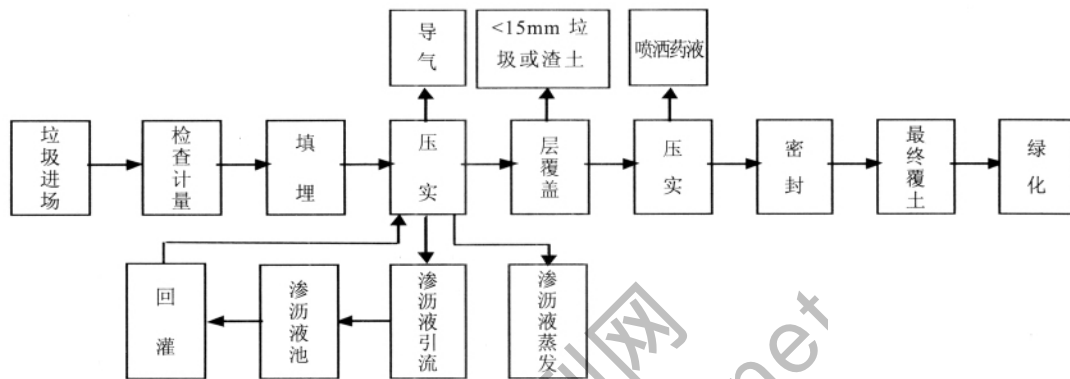


图1 卫生填埋工艺流程

高温堆肥是依靠自然界广泛分布的细菌、放线菌、真菌等微生物,让垃圾中可降解的成分在微生物作用下转化为稳定的腐殖质,使其成为可施用作农田的土壤改良剂或肥料的生物化学过程。高温堆肥虽然易于机械化操作,但是随着全球工业化的高速发展,大量有毒化学物质和高分子塑料带入生活垃圾中,严重影响了堆肥产品的质量,而且高温堆肥还存在以下缺点:不能处理不可腐烂的有机物和无机物,垃圾分选工艺复杂;堆肥的有效肥料成分含量较低,与化肥相比销售困难、经济效益差;堆肥对垃圾的减量化效果差,处理后产物体积仍较大,需要较大的堆存场地和较高的运输费用等。因此,堆肥技术很难适应我国城市生活垃圾量大、成分复杂的特点,难以规模化推广应用。

焚烧是一种城市生活垃圾高温热化学处理技术,也是对城市生活垃圾实施热能资源化利用的一种形式。目前,垃圾焚烧技术主要包括传统焚烧、垃圾衍生燃料和高温气化熔融技术。

传统焚烧是将原生垃圾作为固体燃料送入炉膛内燃烧,在 $800^{\circ}\text{C}\sim 1\,000^{\circ}\text{C}$ 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烟气和少量性质稳定的固体残渣的过程。垃圾燃烧产生的高温烟气,经过能量回收、烟气净化处理后达标排放;性质稳

定的残渣可直接填埋处置或建材化利用,垃圾焚烧发电工艺流程如图2所示。传统焚烧的缺点主要有:对入炉垃圾的热值有一定要求。聂永丰等报道,生活垃圾焚烧处置必须满足:热值 $\geq 3\,360\text{kJ/kg}$,水分 $\leq 50\%$,灰分 $\leq 16\%$,可燃物 $\geq 22\%$;焚烧产生的重金属、酸性气体和二恶英等有毒物质很容易造成二次污染^[3]。

为了提高垃圾燃烧的稳定性和G. L. Morrison^[4]提出了垃圾衍生燃料(RDF)技术。该技术将生活垃圾中的可燃成分通过粉碎、干燥分选出来,再加入一定量的固硫、固氯剂,制成具有固定大小和形状适合的燃烧产品,能很好地解决生活垃圾直接作为燃料时燃烧不稳定、热值不高和含有不适合燃烧成分的缺点。垃圾衍生燃料技术较传统垃圾焚烧具有明显的环境效益,但工艺初投资和生产成本较高,而且垃圾中原有成分特别是有机物成分并没有改变,故在燃烧过程中也存在二恶英等污染问题。

以减少焚烧造成的二次污染和需要填埋处置的废物量为目的的高温气化熔融技术是一种新型的垃圾焚烧技术。气化熔融焚烧炉由上到下可分为干燥预热段、热解气化段和燃烧熔融段。生活垃圾进入气化熔融炉后,先在干燥预热段受热蒸发掉水分后逐渐下移至气化段,垃圾中的有机物热

解气化为可燃性气体,该气体导入二次燃烧室进一步燃烧,并利用其产生的热量进行发电。通过加入焦炭保证燃烧熔融段的温度,使灰渣充分熔融为玻璃体,重金属等有害物质被完全固定在固相中,可以直接填埋处置或作为建材加以利用^[5]。

气化熔融技术与传统垃圾焚烧相比,具有垃圾处理范围广、有害物质排放量小、易于自动化控制等特点,但是存在技术工艺复杂,设备一次性投资和维护费用较高,单体设备垃圾处理量有限等问题。目前该技术只在日本等发达国家得到较好的应用,如日本新日铁公司于1980年2月在日本茨木市建成了三座150t/d的竖式气化熔融炉,迄今已连续运行20多年^[6]。目前气化熔融技术在我

国还没有工程实例,其应用可行性还需要进一步考察研究。

垃圾热解技术是将垃圾中的有机成分在无氧或缺氧状态下加热,使之分解为燃气、焦油和残炭的化学过程,其工艺流程如图3所示。德国热解动力设备公司研制了固体废物热解方法-PKA法,经过净化的裂解气体热值为5000kJ/Nm³;英国垃圾可燃气体技术公司发明了垃圾生成可燃气体的技术,把废塑胶、废轮胎、黄油浆及下水道污物等,在无氧状态下加以700℃~800℃的高温,就会分解出可燃气体,可用于电厂发电;SA公司研究了废塑料无需分类的气化工艺,在德国兴建了处理量为20t/h的废塑料处理厂^[7]。

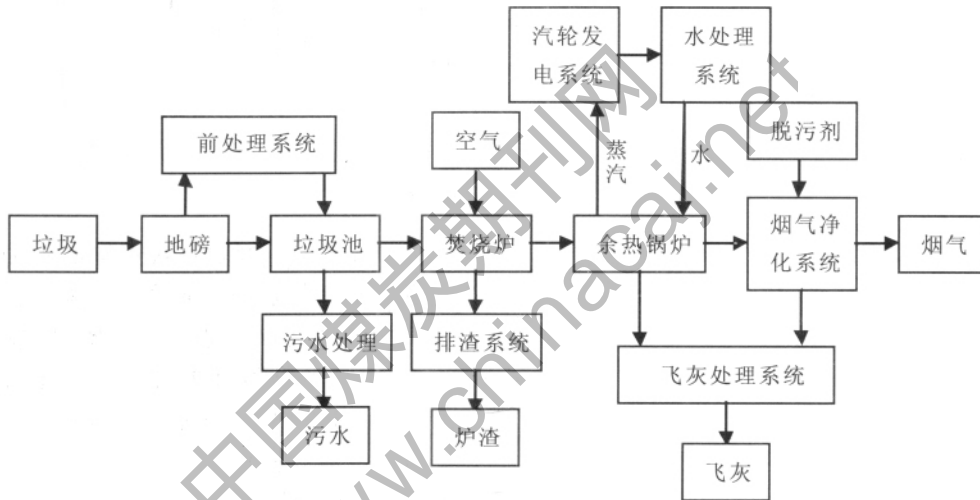


图2 垃圾焚烧发电工艺流程

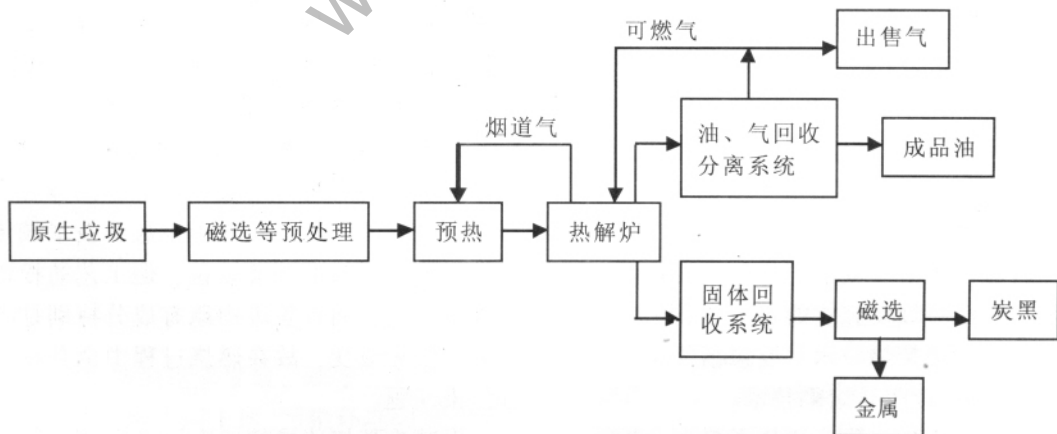


图3 垃圾热解工艺流程

虽然热解技术在处理生活垃圾方面的应用和发展历史较短,但与直接焚烧相比,具有以下优点:有机物热解转化成燃气、焦油和残炭,可以根

据不同需要加以利用,而焚烧只能利用热能;热解可以简化污染控制,垃圾在无氧或低氧条件下热解时NO_x、SO₂、HCl等污染物排放少,热解烟气中

灰量小,二恶英的生成量少,节省尾部净化设施的建设和运行费用的同时,二次污染的排放仍然比焚烧低;可以处理不适于焚烧的垃圾,如医院垃圾等。但是热解技术较其他处理方法更为复杂,特别是生活垃圾成分的不稳定性,给热解技术达到稳定生产带来一定的困难。因此如何解决其中的技术难题,精简工艺系统,进一步降低其初投资和运行成本,将直接影响热解技术的推广应用。

总体来讲,我国城市生活垃圾具有高混杂、高含水量、高厨余含量的特性,目前主要采用的垃圾处置方式是填埋、堆肥和传统焚烧。填埋和堆肥资源化利用效率低,减容减量效果差,而且占用了大量土地资源;传统焚烧是目前国内主要采用的垃圾资源化利用技术,但焚烧过程中易产生剧毒物质二恶英。通过分析比较,垃圾热解技术具有无害化处理彻底,二次污染易于控制,从原理上杜绝二恶英等剧毒物质的产生与扩散等优点,因此垃圾热解技术在我国将具有很好的应用前景。

2 煤与生活垃圾高温炭化技术

结合我国城市生活垃圾的特性,笔者认为今后我国城市生活垃圾应走以综合处置和清洁能源化为主的道路,也就是应将城市生活垃圾进行分类分选后再进行清洁资源化处理和资源化利用。针对目前热解技术处理生活垃圾存在的问题,并结合我国钢铁企业现有优势,在遵循生活垃圾“三化”处理的原则下,提出了利用传统焦化工艺系统来实现煤与生活垃圾高温炭化处理的技术思路。

2.1 技术背景

在钢铁企业中,有许多成熟的高温冶炼技术、设备及其完善的后续处理系统,如炼焦炉及其焦炉煤气处理系统、高炉炼铁及其高炉煤气净化系统、加热炉及其烟气余热回收系统等,这些技术和装备除了具有冶金生产功能以外,还具有消纳处理大宗废弃物的功能。如美国的内陆钢公司利用565kg可移动墙式焦炉,使用炼焦配煤与石油焦、汽车轮胎、焦油沥青等进行共焦化试验;德国不莱梅钢铁公司在1995年建成了高炉喷吹7万t/a废塑料粒的装置,每年可代替重油7万t;日本新日铁公司成功开发了用普通废塑料作焦炉炼焦原料的技术,装入焦炉的废塑料将分解成40%的煤油、20%的焦炭以及40%焦炉煤气^[8];中国首钢总公司

廖洪强等^[9]也在国内率先实现了废塑料与煤共焦化技术,并申请了多项有关利用焦化工序处理固体废弃物的专利。

城市生活垃圾与煤在元素构成上具有相似性,在高温状态下均会发生热裂解反应生成自由基,这些自由基在相互碰撞的过程中又会重新结合生成稳定的分子物质。周仕学^[10]较系统地研究了生物质与高硫强黏结煤共热解过程中的化学行为,从理论上考察了高硫强黏结煤热解的过程中生物质分解反应所产生的脱硫及抗黏作用。倪献智^[11]研究了生物质热解及生物质与褐煤共热解的化学行为,证明了共热解中间产物之间存在着一定的相互作用。在上述实验研究的基础上,笔者认为煤与生活垃圾高温炭化技术具有一定的技术可行性。

2.2 技术原理及流程

煤与生活垃圾高温炭化技术是生活垃圾分选技术、热解技术与现有炼焦炉高温炭化技术的有机结合,其基本思路是充分利用传统焦化工艺中的系统和设备,包括炼焦炉、化产回收系统和煤气净化与回收系统来代替热解炉及其相关的回收净化系统,从而大大减少热解法处理生活垃圾的初投资和运行成本。该技术的基本原理是通过全密闭运输和给料将分选后的城市生活垃圾送入焦炉中,并在焦炉内进行高温炭化处理,使其中的有机组分与煤发生共热解反应,最终转化为残炭、焦油和可燃气。生活垃圾中的有毒有害元素,包括氯、硫、氮等,在高温炉内发生热分解反应和还原反应,最终生成氯化氢、硫化氢、氨气,这些气体经焦化工艺的化产回收系统和气体净化系统集中处理,其中氯化氢和氨气溶入水中形成氯化铵盐,可进行回收处理;硫化氢进入脱硫工序,通过催化反应,转变为单质硫进行回收,从而实现城市生活垃圾的高效资源化利用和无害化处理。

煤与生活垃圾共高温炭化技术原则性工艺流程如图4所示。该工艺首先对原生垃圾进行分选处理,其中的无机组分经处理后可用于建材或直接填埋,将得到的有机可燃组分干燥、破碎,与粒度范围为10~20mm的煤混合捣固成型后推入炭化室进行高温干馏,得到共热解产物残炭、焦油和可燃气。

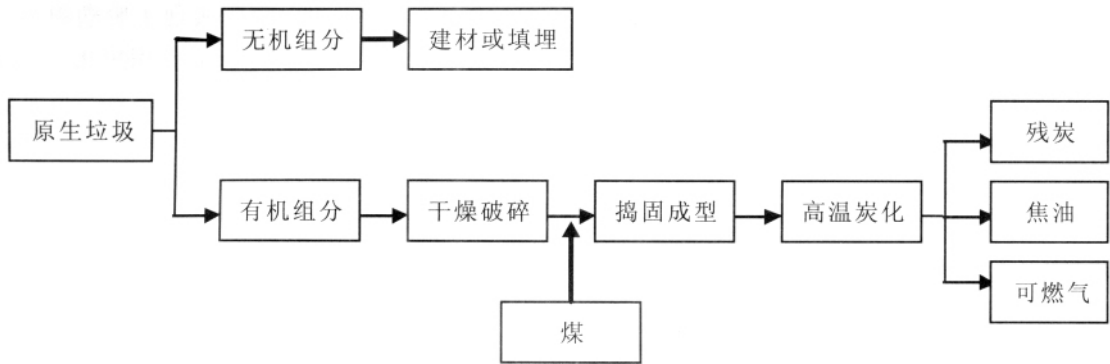


图4 煤与生活垃圾高温炭化技术原则性工艺流程

2.3 技术特点

煤与生活垃圾高温炭化技术具有以下特点：

(1)充分利用现有成熟的焦化工艺及其系统设备来处理城市生活垃圾，大大降低初投资和运行费用，同时也克服了热解技术处理生活垃圾的技术难题，使之工业化和商业化运作成为现实。

(2)垃圾处理过程在焦炉还原性气氛下操作，垃圾不直接焚烧，从原理上防止了二恶英等剧毒物质的产生，实现垃圾处理的彻底无害化。

(3)原生垃圾经分选后，有机可燃组分与煤高温炭化转化为残炭、焦油和可燃气。其中，热解焦油可作为重要的有机化工原料；可燃气可用于发电、供热或用作化学合成气；由于生活垃圾挥发分较大，因此热解残炭孔隙发达，可作为洁净燃料和气化原料，或经过进一步加工制备活性炭或碳分子筛；而分选出的无机组分经处理后可用于建材或直接填埋。相比焚烧处置，其资源化和能源化利用程度更加高效。

(4)利用焦化工艺系统处理城市生活垃圾，有利于实现城市与焦化工业之间的物质能量循环，体现了循环经济理念。

3 结语

综上所述，今后我国城市生活垃圾应走以综合处置和清洁能源化为主的道路，对生活垃圾处理技术的研究符合我国可持续发展战略和发展循

环经济的要求。煤与生活垃圾高温炭化技术为解决我国“垃圾围城”现状和实现垃圾“三化”处置提供了一条新的途径，该技术具有投资省，无新增环境问题，社会效益和经济效益显著等优点。因此，煤与生活垃圾高温炭化技术在我国将会有很好的发展潜力和应用前景。

参考文献

- [1] 陈泽峰. 世界垃圾焚烧 100 年[M]. 福州: 福建科学技术出版社, 2009.
- [2] 袁克, 萧惠平, 李晓东. 中国城市生活垃圾焚烧处理现状及发展分析[J]. 能源工程, 2008, 5: 43~46.
- [3] 聂永丰, 刘富强, 王进军. 我国城市生活垃圾焚烧技术发展方向探讨[J]. 环境科学研究, 2000, 13(3): 20~24.
- [4] Morrison G L, US588256[P], C10L5/48, 1999, 9, 11.
- [5] 胡建杭, 王华, 刘慧利等. 城市生活垃圾气化熔融焚烧技术[J]. 环境科学与技术, 2008, 11, 31(11): 78~81.
- [6] Nippon Steel Sustainability Report 2006[R]. Nippon Steel Corporation. 2006, 3: 40~41.
- [7] 徐嘉, 严建华, 肖钢等. 城市生活垃圾气化处理技术[J]. 科技通报, 2004, 6(20): 560~564.
- [8] 张振国, 刘泽常, 廖洪强等. 煤与废塑料共焦化技术可行性分析及在冶金工业中的应用[J]. 能源环境保护. 2005, 6(19): 8~11.
- [9] 廖洪强, 钱凯, 余广炜等. “白色污染”治理新技术——利用炼焦工艺高温炭化处理废塑料[J]. 冶金能源, 2003, 5, 22(3): 57~61.
- [10] 周仕学, 刘振学, 张桂英. 强黏结性煤与有机废弃物共热解的研究[J]. 煤炭转化, 2001, 24(3): 70~73.
- [11] 倪献智, 丛兴顺, 马小隆, 周仕学. 生物质热解及生物质与褐煤共热解的研究[J]. 煤炭转化, 2005, 28(2): 39~41.