

管外，还设有空气送入管，以强制送入空气，使垃圾层内部更具有好氧性状态。

卫生填埋设施及作业设备简单，一次性投资相对较小，作为垃圾较大规模的处理手段一直占有很大比例，但其占地面积大，垃圾运输距离远，而且随着环保标准的日益严格，对填埋场的设计和施工标准越来越高，其建场投资和填埋费用也相应提高。

## (2) 焚烧

焚烧法是将垃圾中的可燃成分经过燃烧反应，最终成为无害稳定的灰渣。该法是一种高温热处理技术，即以一定的过剩空气量与被处理的物质在高温（800~1000℃）的焚烧炉内进行氧化燃烧反应，废物中的有害有毒物质在高温下氧化、热解而被破坏，可同时实现垃圾无害化、减量化、资源化的处理技术，产生的热量可用于发电和供暖。焚烧是目前世界上一些经济发达国家和地区广泛采用的一种城市生活垃圾处理技术。垃圾焚烧可以达到垃圾减容 90%，垃圾减重 70%以上，可使垃圾中碳水化合物转换成  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ，同时高温下杀灭病毒、细菌，在焚烧过程中所产生的热能可以得到合理利用，因此焚烧是目前垃圾处理中无害化最彻底的方法之一。各种垃圾焚烧炉设备主要有流化床焚烧炉、回转炉及多级阶梯式链条炉排、倾斜往复式炉排和反送式马丁炉排等炉排炉。

该处理技术特点如下：

①垃圾焚烧处理后，垃圾中的病原体被彻底消灭，燃烧过程中产生的有毒有害气体和烟尘经处理后达到排放要求，无害化程度高。

②经过焚烧，垃圾中的可燃成分被高温分解后，一般可减容 80%-90%<sup>[8]</sup>。减容效果好，可节约大量填埋场占地，经分选后的垃圾焚烧效果更好。焚烧后的残余物，可生产玻璃、瓷砖、陶粒或直接填埋处理。

③垃圾焚烧所产生的高温烟气，其热能被废热锅炉吸收转变为蒸汽，用来供热及发电，垃圾被作为能源来利用，还可回收铁磁性金属等资源，可以充分实现垃圾处理的资源化。

④垃圾焚烧厂占地面积小，尾气经净化处理后污染较小，可以靠近市区建厂。既节约用地又缩短了垃圾的运输距离，对于经济发达的城市，可因地制宜，发展以焚烧、减容为主的综合处理。

⑤焚烧处理可全天候操作，不易受天气影响。

当然，焚烧方法也有其局限性：首先，焚烧法投资大，运行费用偏高，占用资金周期长，一座日处理 1000t 垃圾的焚烧发电厂需投资 7~8 亿元，再加上垃圾的热值低，烟气净化费用较大，导致运行费用偏高，发电成本加大；其次，焚烧对垃圾的热值有一定要求，一般不能低于 3344kJ/kg（800kcal/kg），限制了它的应用范围；

最后, 焚烧过程中产生的“二噁英”问题, 必须有很大的投入才能进行有效处理<sup>[8]</sup>。

目前国外运用较多、比较成熟、完善的垃圾焚烧处理技术主要有: 马丁炉排炉、滚筒炉和旋转窑炉焚烧及热解焚烧处理技术等。它们对于国外热值较高, 含水率较低的垃圾而言, 焚烧处理效果较好。但根据实际运行经验, 进行焚烧处理没有经过预分拣、成分复杂、热值较低、含水较高且变化范围大的我国城市垃圾时, 焚烧处理效果却并不理想, 垃圾焚烧厂也很难正常运行。深圳垃圾焚烧厂引进的日本焚烧炉就遇到了这样的问题。因此, 鉴于我国的实际情况, 大规模引进国外垃圾焚烧处理设备在技术和经济上均存在一定问题。

### (3) 堆肥

堆肥法是依靠自然界广泛分布的细菌、放线菌、真菌等微生物, 有控制地促进可被生物降解的有机物向稳定的腐殖质转化的生物化学方法。生活垃圾堆积成堆经保温、储存、发酵、借助垃圾中微生物分解能力, 将有机物分解成无机养分, 堆肥处理后, 生活垃圾变成卫生的、无味的腐殖质。

垃圾堆肥的分类有两种: 一种是按发酵机理分为厌氧堆肥(利用厌氧细菌分解垃圾)和好氧堆肥(利用好氧细菌分解垃圾), 目前大多采用好氧堆肥。厌氧堆肥是一种在厌氧状态下利用微生物使垃圾中的有机物快速转化为甲烷和氨的厌氧消化技术, 厌氧过程一般在缺氧状态下进行, 它的反应过程为: 有机物质+厌氧菌+二氧化碳+水→气态甲烷(沼气)+氨+最后产物; 厌氧分解后的产物中含许多喜热细菌并会对环境造成严重的污染, 其中明显含有有机脂肪酸、乙醛、硫醇(酒味)、硫化氢气体, 还夹杂着一些化合物及一些有害混合物, 例如: 硫化氢, 它是一种非常活跃并能致人于死地的高浓度气体, 它能很快地与一部分废弃有机物结合形成黑色有异味的混合物。好氧分解过程一般在有氧和有水的情况下产生, 它的反应过程为: 有机物质+好氧菌+氧气+水→二氧化碳+水(蒸汽状态)+硝酸盐+硫酸盐+氧化物; 好氧堆肥反应过程无有害物质产生, 尽管没有一种生物分解是无味的, 但经过正确处理的好氧发酵所产生的气味很小。它与传统卫生填埋相比, 将厌氧消化过程由几年缩短到 20 天以内, 好氧堆肥处理具有过程可控制、易操作、降解快、资源化效果、可以处理混合垃圾、运行费用低等特点。

另一种按人为控制的程度, 堆肥可分为自然堆肥和强化快速堆肥。自然堆肥是将垃圾堆积在一起, 常见的是堆成垄状(堆肥期间可进行翻抛或不进行翻抛), 完全利用自然条件下垃圾中本身存在的微生物及在垃圾分解过程中自然产生的热能杀灭寄生虫卵和病原菌, 实现无害化处理, 垃圾最长时间可在 6 个月内发酵成熟。强化快速堆肥是将堆肥原料送入发酵系统, 发酵系统将原料的湿度和温度控制在最佳适度, 并以特别的翻抛设备及通风供氧设备, 对堆肥不断地进行粉碎、搅拌、混合和

通风,原料最快可在20天以内发酵成熟。目前由于自然堆肥发酵期长,占地面积大,已经较少使用,新建的大型堆肥厂多采用强化快速堆肥。强化快速堆肥的方法较多,如垄酵,池酵,袋酵,炉酵,菌种发酵等约10余种。但加工的程序均为“堆肥三部曲”:分捡,发酵,调配。分捡就是利用机械或人工将垃圾中的大块无机物,铁,铝,铜,塑料等物资分捡出去或回收利用;发酵就是利用微生物对分拣后的垃圾进行分解,除臭和腐熟的过程;调配是将成熟的堆肥在调配系统中进行有机质和氮磷钾等的比例调整,依不同用途或不同作物而加工成系列优质高效有机复合肥产品。

目前国内外常用的生活垃圾堆肥系统有以下几类:

①自然通风静态堆肥:这是一种最简单的堆肥方式,就是将物料堆在一块地上,堆高在2m左右,料堆形状一般是长条状,也可以结合场地条件堆成其它形状。这种堆肥方式与敞开式自然堆积很相似,料堆内部常处于受压状态,外面空气常常不能扩散到料堆内部而使其呈厌氧状态,异味大,发酵不够充分,发酵周期较长。

②强制通风静态堆肥:为克服自然通风静态堆肥堆体内经常出现的供氧不足的缺点,一般在料堆底部沿着长度方向设置通风管或通风槽,根据堆体的发酵状况用高压进行强制通风。由于通过控制鼓风量能够对堆体的需氧量和含水量实现一定程度的控制,其发酵周期比自然通风静态堆肥明显缩短。

③机械翻堆条形堆肥:条形堆肥就是采用机械方式把堆肥物料堆成长条形,料堆截面为梯形状,高度一般为2m左右,宽度4m左右;料堆的长度根据场地确定。通过机械翻堆来促进料堆与空气的接触称为机械翻堆条形堆肥。

④密闭式机械化翻堆堆肥:该方式主要工艺流程为混合垃圾处理后的可堆腐物进入专门的发酵车间,采用专用翻堆设备——翻堆机,翻转垃圾以利于垃圾的好氧发酵,充分好氧发酵后的垃圾再根据需要进行筛分处理。

垃圾堆肥法可使生活垃圾达到无害化,部分减量化及资源化,但其产品为粗堆肥,养分含量低,长期使用易造成土壤板结和地下水水质变坏,因此市场销售有一定风险,另外其生产发酵周期较长(4-6周),对生产环境要求较高。

#### (4) 综合处理

垃圾的无害化综合处理是在克服单一处理方法缺点的基础上,采用多种方法进行的综合处理,是指将垃圾采用分选回收、有机物制肥、筛余物填埋或焚烧几种方式组合的处理方法。这种方法避免和降低了因处理不当对环境造成的二次污染和资源的浪费,同时达到了无害化处理垃圾和资源充分利用的目的。

#### (5) 高温水解和发酵法生产生物有机复合肥

生物有机复合肥(也称为有机复合菌肥)是利用尖端的生物工程技术,包括加入具有一定固氮解磷解钾作用的系列高效有益微生物菌群(俗称HEM),经过发酵,

除臭, 滤毒, 翻拌, 通风, 筛选等工艺, 并针对不同农作物所需而制成的系列专用生物有机复合肥。其生产工艺有两种, 叙述如下:

### ① 发酵法

首先是准备发酵原料, 可以是人畜粪便, 生活垃圾等, 但其中的有机质含量应大于 35% 以上。经过粉碎, 筛分, 除杂后, 送入消毒釜内利用高压蒸汽进行消毒, 然后转入发酵罐内, 接入菌种在适宜的温度下进行发酵, 使有益微生物菌群在其中高速繁殖, 达每毫升 10 亿株以上。然后在低温下进行干燥, 粉碎, 配入氮磷钾等其它微量元素, 混合造粒, 烘干包装, 即成为生物高效有机复合肥。

### ② 复配法

首先将经过分捡, 筛分处理过的垃圾原料, 送入高温高压釜内, 在催化剂的作用下进行高温高压水解处理, 垃圾中的有毒物质被分解, 其中的寄生虫卵和病原菌被彻底杀灭。然后进行烘干和粉碎, 粉碎后的原料则被转入混合槽内, 加入活性菌剂及其它原料, 再经低温混合, 造粒和包装, 成为生物高效有机复合肥。

两种生产方法的原理基本上是相同的, 都是要把高效有益微生物菌群引入有机质中。唯一的区别为前者是利用垃圾本身的有机质和能量来培养有益微生物; 而后者是将已经培养好的有益微生物复配到有机质中, 各有其优势。

### (6) 其它垃圾处理方法

**垃圾热解:** 将有机物在缺氧的条件下利用热能使化合物的化合键断裂, 由大分子的有机物转化成小分子的燃料气、液状物(油、油脂等)及焦炭等。主要设备是热解炉, 分回转炉、竖井炉、移动床、流化床等。其投资费用、运行费、维护费均很高, 因此只有在不考虑经济效益的前提下才能实现其工业化。

**填埋产沼:** 垃圾填埋后, 进行厌氧发酵, 整个过程不加任何控制, 从理论上是可行的, 但产生的沼气中仅含 50% 的甲烷, 热值太低, 且产气率也很难预测, 有许多问题需进一步解决。

随着世界各国对城市生活垃圾处理的重视, 生活垃圾处理工艺技术和工艺设备的不断进步, 垃圾末端治理也从被动消极的单一填埋方式, 发展到直接回收和间接回收, 填埋处理、焚烧处理、堆肥处理和加工利用相结合的垃圾综合处理系统。尤其是利用垃圾生产优质有机肥(包括生物有机肥、生物有机复合肥和有机复合肥), 不仅是对全球“可持续发展”的一大贡献, 更是顺应了全球掀起的“有机农业”、“绿色食品”的大趋势。已逐渐成为城市生活垃圾处理最重要的方法之一, 并成为城市生活垃圾处理优先选择的处理技术。只有那些确实无法再生利用的垃圾才送去填埋(一些发达国家已经立法, 易腐和易燃品是不允许进行填埋的。)或送去进行焚烧处理。

以上六种方法中常用的四种主要生活垃圾处理方法的比较见表 1.1。

表 1.1 生活垃圾卫生填埋、堆肥、焚烧和综合处理工艺技术比较汇总表

项 目	方 法			
	卫生填埋	高温堆肥	焚烧	综合处理
技术可靠性	可靠, 国内有	可靠, 国内有	可靠, 国内外已开发	可靠, 国内外已开发
操作安全性	较好、注意防火、防爆	较好	较好	较好
无害化	一般	可以	彻底	彻底
资源化	回收沼气发电; 土地可恢复再利用	生产粗级有机肥, 也可回收部分物资	可供电能、热能	资源化, 产品价值高, 市场前景好。
减量化	经压缩可减少体积	减量至 65%	可减量至 80-90%	减量至 75%左右
占 地	大	中等	小	小
选址条件	较困难, 要防止水体受污染, 远离市区, 运距大	一般, 应避开住宅区, 气味影响半径小, 运距较大	较易, 可靠近市区, 运距小	较易, 可靠近市区, 运距小
适用条件	适用范围较大, 对垃圾组成要求不严格	垃圾中生物可降解有机物达到 40%以上	垃圾热值应大于 3500kJ/kg	垃圾中有机物达到 50%左右
环境影响	沼气应导引, 以控制对大气污染; 应采取措施防止对地面水污染; 导引渗沥水, 处理达标后外排, 不造成地下水污染	有气味, 对地面水无污染, 对地下水污染可能性极小	烟气应净化达到排放标准; 烟气净化费用较高, 对土壤无污染; 烟尘稳定固化后特殊处理, 焚烧残渣填埋时对地面水和地下水无污染	有轻微气味, 对地面水无污染, 对地下水污染可能性极小
投 资	小	较大	大	较大
处理成本	低	较高	高	较高

### 1.1.2 国内外生活垃圾处理现状及发展方向

#### (1) 国外生活垃圾处理现状

目前国外发达国家的城市生活垃圾从收集、运输和处理管理与技术已很成熟, 并积累了许多经验。根据统计, 在收集方面大多数国家采取了分类收集; 在运输方面基本采用密闭压缩运输; 发达国家的生活垃圾处理处置的主要方法为卫生填埋和焚烧, 新加坡、日本、瑞士、葡萄牙、瑞典、卢森堡、丹麦等国以焚烧为主, 法国等国焚烧和填埋的比重基本相当, 美国、加拿大、德国、英国等则以填埋为主, 辅以焚烧。总体来说, 国土面积较大的国家以填埋为主, 国土面积较小、人口密集的国家以焚烧为主。

填埋处理作为垃圾处理的最终处理手段一直占重要地位, 目前仍然是大部分国家的主要处理方式, 但理想的填埋场越来越少, 美国的填埋场数量将由 1993 年的

3300多座下降到2000年的2300座,到2010年为1200座,主要是因为旧的填埋场达到饱和状态,新填埋场选址又困难。国外发达国家生活垃圾填埋处置已有几十年,填埋工艺、管理日臻完善,从20世纪80年代开始垃圾填埋场防渗处理中就已使用人工合成材料作为衬底,近几年垃圾渗沥液处理技术也得到较大的发展,垃圾填埋场达到卫生填埋要求,实现了垃圾无害化处理;另外,发达国家对填埋场的管理十分严格,一些国家对填埋物中可腐物和可燃物提出更高的要求,如丹麦禁止填埋易腐物,法国只有那些不能再处理的物质才能进行填埋,德国填埋垃圾中可燃物不得超过5%。虽然发达国家垃圾卫生填埋处理技术和管理已非常先进,但由于垃圾填埋占用大量土地,垃圾填埋技术标准的提高使填埋法的处理成本也会越来越高,同时随着发达国家垃圾资源化处理技术的进步,需进行填埋处理的垃圾会愈来愈少,发达国家垃圾填埋处置的比例将呈下降趋势。

国外经济发达国家的生活垃圾焚烧技术源于19世纪末,至今,国外垃圾焚烧技术已经经历了将近130年的发展过程,其技术和设备已经日臻完善并得到了广泛应用,其中欧共体、美国、日本的焚烧技术居世界领先地位。据统计,目前垃圾焚烧处理美国占17%,日本约占75%,德国和法国约占40~50%,英国占9~10%,加拿大占5~6%<sup>[2]</sup>。由于垃圾焚烧处理与填埋处理相比,具有占地小、场地选择易、处理时间短、减量化显著、无害化较彻底以及可回收垃圾焚烧余热等优点,在发达国家才得到越来越广泛应用。近几年来,国外发达国家在提高垃圾焚烧发电效率和处理垃圾焚烧烟气技术方面又取得了进步,垃圾焚烧处理在发达国家将会更加快速发展。

20世纪的七八十年代,许多发达国家曾建设了大批机械化程度较高的垃圾堆肥厂,不少国家还制定了垃圾堆肥产品的技术标准,有效地推动了垃圾堆肥技术的推广应用。80年代后期,发达国家的城市生活垃圾堆肥处理曾一度处于停滞甚至萎缩状态,不少国家的信贷规模较大的且机械化程度较高的生活垃圾堆肥厂相继倒闭。进入20世纪90年代以来,动态厌氧堆肥处理技术在一部分国家率先得到了应用。虽然因垃圾堆肥质量、销售及成本等问题影响,使国外垃圾堆肥长期处于低潮,生活垃圾堆肥厂总体呈下降趋势,但是欧洲国家仍在不断改进堆肥工艺和堆肥技术,稳步发展着垃圾堆肥,近年来欧洲国家很重视发展生物垃圾处理技术,发展较快的垃圾堆肥技术有制造有机复合肥技术和庭院垃圾堆肥。

近十年来,在可持续发展和循环经济理论的推动下,国外垃圾处理开始从卫生填埋、焚烧等单一方式向无害化、减量化、资源化的综合处理方式发展。现美、日、德等发达国家采用管理性回收方法,从城市生活垃圾中分选出可再生物质(如废纸、废塑料、金属、玻璃等)、建筑垃圾、煤渣灰和可腐有机物,经过不同的处理厂进行无害化处理。

垃圾的再利用近几年也受到特别重视,包括垃圾的一部分直接回收利用,最近堆肥也被列为有机物的再生利用。总之,垃圾的再生利用是垃圾减量化和资源化的最佳途径。

同时发达国家还在不断研究和开发新的垃圾处理技术,已经创新了垃圾固化处理、垃圾热解处理、高新技术垃圾分选处理、垃圾无害化处理筛选回收、垃圾衍生燃料(RDF)等新的城市生活垃圾处理方式和手段。

目前从国外多种垃圾处理方式发展情况看,有以下趋势:①工业发达国家由于能源、土地资源日益紧张,焚烧处理比例逐渐增多,而且在普遍推进垃圾焚烧技术应用的基础上,主要致力于改进原有的各种焚烧装置和开发新型焚烧炉,使之朝着高效、节能、低造价、低污染及自动化程度越来越高的方向发展;②填埋法作为垃圾的最终处置手段一直占有较大比例;③农业型的发展中国家大多数以堆肥为主;④其它一些新技术,如热解法、填海、堆山造景等技术,正不断取得进展。

## (2) 国内生活垃圾处理现状及发展方向

我国城市生活垃圾处理起步于 20 世纪 80 年代,在 1990 年前,全国城市生活垃圾处理率不足 10%,进入 90 年代以后,垃圾处理水平不断提高,截止到目前,全国城市生活垃圾处理率已达 58.2%<sup>[3]</sup>。据不完全统计,目前我国城市生活垃圾全年产生总量已达 1.7 亿 t 以上,占世界垃圾总产生量的 26.5%,历年堆存量已达 60 多亿 t,侵占土地面积多达 5 亿 m<sup>2</sup>,垃圾产量还在以每年 8%~9%的速度递增。现阶段我国城市生活垃圾垃圾处理最主要方式是卫生填埋,填埋处理约占全部垃圾处理量的 79.2%以上,其次是高温堆肥,约占 18.8%以上,采用焚烧处理的约占 2%,真正达到无害化处理要求的还不到 10%<sup>[4-5]</sup>。

与发达国家相比,我国经济比较落后,城市垃圾处理起步较晚,垃圾的治理水平一直很低,长期依靠直接堆放和其它简易处理方式进行消纳,基本上未进行无害化处理,使城市垃圾污染问题欠账严重,城市生态环境受到严重影响。

由于卫生填埋可以使垃圾做到无害化处理,对垃圾的消纳量大,单位投资相对较低,比较适合我国的大部分城市的经济承受能力,所以近一段时期此法仍是我国垃圾处理的最主要的方法。但此法对土地资源的浪费是极其严重的。根据对我国 142 个中等城市的调查,80%以上的城市认为走卫生填埋的路子非常难,如果达不到国际标准化填埋水平,那么垃圾的上下泄露造成的二次污染远比垃圾本身要严重的多。1991 年投入运行的杭州天子岭生活垃圾填埋场是国内首家按填埋技术标准设计和建造的大型山谷型生活垃圾卫生填埋场,以后,苏州、福州、西安、成都、广州、深圳等大中城市相继建成了一批技术水平较高的生活垃圾卫生填埋场,采用了 HDPE(高密度聚乙烯)人工合成膜水平防渗技术,真正意义上实现了我国生活垃圾的卫

生填埋处理，推动了我国生活垃圾卫生填埋处理的进程。

随着我国经济水平的提高，生活垃圾处理技术的进步，垃圾卫生填埋将成为一种垃圾处理的辅助手段。

鉴于我国生活垃圾中可生物降解有机物含量高，我国在二十世纪 80 年代初就开始研究机械化堆肥，并陆续建成 20 余处采用机械化堆肥和简易高温堆肥技术的堆肥场，堆肥处理主要采用低成本堆肥系统，大部分垃圾堆肥处理场采用敞开式静态堆肥。由于我国堆肥场采用混合收集生活垃圾作为原料，导致成本高、产品肥效较低、质量较差、销路不好等问题，同时堆肥过程无法控制，对周围环境污染较大，因此我国垃圾堆肥处理曾出现过停滞不前的局面。“七五”和“八五”期间，我国相继开展了机械化程度较高的动态高温堆肥研究和开发，并取得了积极成果。九十年代中期先后建成了具有代表性的动态堆肥场，如北京南宫堆肥场和常州市环境卫生综合场，还在无锡、杭州、上海等地建成了一批机械化程度较高、具有较完整的前处理、发酵及后处理工艺和设备的堆肥场，其堆肥产品质量、运行操作可靠性、环境质量等指标都达到了较高水平；还建成了一批机械化程度低，但实用性强的简单高温堆肥系统，如天津简易高温堆肥系统、安阳塑料膜覆盖快速堆肥处理技术，以及一批以处理陈腐垃圾为主的移动式简易筛选生产线，构成了我国城市生活垃圾堆肥处理高、中、低三个技术层次的分布格局。但是，我国堆肥技术和装备与国外发达国家相比还有一定差距，生活垃圾堆肥的发展也受到许多因素的制约，如生活垃圾混合收集导致堆肥处理难度大、产品质量差、占地大、周期长、不能有效地减量化等。所以目前正在向高效有机复合菌肥方向发展。

分析我国的城市生活垃圾成分变化趋势，特别对于经济较发达的地区，由于居民气化率的提高（北方地区集中供热普及率的提高也会显著减低垃圾中的灰渣含量），当垃圾灰渣含量显著降低后，厨余类有机物就成为垃圾中最主要的成分。无论从环境保护，还是从资源循环利用角度出发，厨余类有机物处理的最佳方式就是使其转化为稳定的有机质，从这个意义上说，我国城市生活垃圾堆肥处理有很大的发展需求和潜力。目前许多堆肥场都面临着关、停的困境，因此垃圾收集的分区、分类收集和建立垃圾收费制度将是影响今后我国垃圾堆肥处理的关键因素。

对于垃圾焚烧发电在我国尚处于起步阶段，1987 年在深圳建成了我国第一座工业化垃圾焚烧发电厂，技术和设备引自日本三菱重工。杭州锅炉厂与日本三菱重工签定了技术引进合同，合同规定，在销售 10 台以后，杭州锅炉厂开始国产化。但由于投资较大，经济效益欠佳，除深圳于近年扩增 1 台焚烧炉外，并未在国内推广开。近年来，宁波、上海、天津、广州、北京等国内一些经济发达城市的生活垃圾焚烧厂也是引进国外的垃圾焚烧技术和装备。到目前为止，我国已引进世界上几乎所有



主要的生活垃圾焚烧炉,但从实际运行结果看也不理想,主要存在以下问题:①对我国热值低、水分高、成分复杂的生活垃圾适应性不好;②工程投资大;③运行成本高;此外,由于国内混合收集生活垃圾中厨余垃圾含量较高,导致炉内燃烧易结焦成块,再加上玻璃碎片等硬物料易严重破坏布风系统,有时会出现炉内燃烧不均匀、炉温偏低、热灼减量高、炉排磨损大等问题。在引进国外技术的基础上,通过几年的实践和探索,国内一些焚烧设备厂家已开发出适应国内不分拣的高水分、低热值的生活垃圾焚烧工艺技术和相关设备,国产焚烧设备的成功开发和生产为我国焚烧技术的发展积累了宝贵经验。随着我国经济的发展和人民生活水平的提高,城市化进程的加快,城市集中供热和气化率逐步提高,未来我国城市生活垃圾焚烧处理将会快速发展。

在我国环保政策的引导下,人们的环保意识愈来愈强,城市生活垃圾处理逐步从垃圾处理的无害化、减量化向资源化过渡,但是由于国内各地区,各城市规模,经济水平,周边环境,垃圾组份,含水率,热值等参数差别较大,因此垃圾处理技术呈多样化形式。纵观国内垃圾处理技术,基本分为以下几大类:大城市基本采用综合处理方式,多以填埋+堆肥并辅筛余物焚烧方式,如首都北京已建成并投入使用的六里屯卫生填埋场,和南宫垃圾处理厂为一体系统的堆肥处理,并兼以少量的焚烧——昌平生活垃圾焚烧处理厂。上海由于其地理位置的限制,目前采用的是填埋+焚烧的综合处理方式,但是随着填埋场地越来越难寻,目前以填埋为主的处理方式急需解决,上海市已建成日处理生活垃圾 1000t 的垃圾焚烧厂。在中等城市中,由于其客观条件和不平衡性,采用的处理方式互不相同,在多山谷型城市黑龙江省的鸡西市,虽然山谷较多,但由于其种植作物多为玉米或小麦,且土质多为粘性土,准备采用的处理方式以填埋为主,并辅助堆肥的综合处理方式。而具有同等地理条件的山东省临沂、辽宁省的辽阳市则采用的是卫生填埋方式。而在南方一些同等规模城市,如江苏省的常州市,由于其经济水平较高,生活垃圾中有机质含量较高,卫生填埋场选址困难,其目前采用的处理方式以堆肥为主,筛余物焚烧的综合处理方案。江西省的九江市,虽然根据对周边地区调查,堆肥具有一定的市场前景,但是由于资金压力,仍采用以填埋为主,辅以少量堆肥的方式。另外从填埋、堆肥、焚烧技术的应用上也不相同,具体采用哪种综合处理方式要根据当地实际情况而定,但从国内垃圾处理现状来看,卫生填埋+制肥综合处理技术在国内应用比较普遍。

目前,我国城市生活垃圾处理政策要求:逐步推广垃圾分类收集,结合我国城市垃圾特点,鼓励采用综合处理方式处理生活垃圾,积极发展适宜的生物处理技术。

总之,国内外都在不断开发研究技术先进、经济合理的生活垃圾处理技术,但是城市生活垃圾通过分类收集(或分类处理后),按照不同物质进行资源化利用的综

合处理技术是未来国内外生活垃圾处理的重点发展方向,只有采取垃圾综合处理才能最终实现垃圾无害化、资源化、减量化的总体目标。

## 1.2 包头市生活垃圾处理现状及存在问题

### 1.2.1 包头市生活垃圾处理现状

包头市是内蒙古自治区最大的工业城市,全市共由九个区、旗、县组成。其中昆都仑区、青山区、东河区、九原区为市区,石拐区、白云区为矿区,土默特右旗、达茂旗为农牧区,固阳县为半农牧县,市域面积达 27691km<sup>2</sup>,城区面积为 149.4 km<sup>2</sup>,全市总人口 240 万人,其中市辖区人口 160 万人。

包头市现有各种环卫设备 400 余台,其中垃圾运输车辆 300 余台,垃圾转运站 114 座,主要负责清扫市区道路,清运市区生活垃圾和粪便收运。

包头市市区现有垃圾卫生填埋场三座,为昆区垃圾填埋场、青山区垃圾填埋场和东河区垃圾填埋场,承担着市区生活垃圾的处理任务。还有建筑废土填埋场一座,占地面积 23.3×10<sup>4</sup>m<sup>2</sup>,现有库容量 350×10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>,使用年限为 20 年,承担着市区建筑废土的处理任务。

昆区填埋场位于包头市昆区的东南方向,紧邻包头市稀土高新技术开发区,总占地面积为 42×10<sup>4</sup>m<sup>2</sup>,主要用于处理昆区、九原区和稀土高新技术开发区产生的城市生活垃圾。由于包头市的快速发展,其距离市区已越来越远,已不适合用作原生垃圾填埋场,根据包头市稀土高新技术开发区的发展规划,该区域已纳入包头市及开发区的发展规划,为了满足包头市建设发展的需要,目前昆区填埋场已停止运行,处于封场阶段,现已封场停用的填埋场占地约 10×10<sup>4</sup>m<sup>2</sup>。

青山区填埋场位于包头市青山区东南侧,总占地面积 40×10<sup>4</sup>m<sup>2</sup>。现有库容量为 278×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>,使用年限 5~7 年。2001 年青山区填埋场在原填埋场的东南侧进行改扩建,新增填埋场面积 18×10<sup>4</sup>m<sup>2</sup>,经场底处理后,堆高按 20m 计算,可新增库容 360×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>。该垃圾场由垃圾填埋区、垃圾渗滤液处理系统及辅助设施、生产管理区三部分组成,采用分层、压实、覆土、消毒、绿化等垃圾卫生填埋措施,目前主要用于昆区、青山区、九原区的生活垃圾无害化处理。

东河区垃圾填埋场现占地面积 19.6×10<sup>4</sup>m<sup>2</sup>,库容量为 137×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>,使用年限为 8~10 年,采用卫生填埋方式处理生活垃圾,主要承担东河区和附近的大型厂矿区的生活垃圾处理。

其它五个农矿区在 2001 年均已建成垃圾卫生填埋场,分别承担各区域城镇居民生活垃圾处理。

另外包头市还建有一座特种垃圾处理厂,采用热解处理工艺处理包头市各医疗单位产生的医疗垃圾,处理规模为医疗垃圾处理量为 8t/d。

### 1.2.2 包头市垃圾处理存在的问题

目前,包头市的城市生活垃圾全部采用卫生填埋处理,作为处理城市生活垃圾的基本方式,其主要问题是:

1.占用大量土地资源。昆区、青山区和东河区的垃圾填埋场由于建场较早,均位于城市的边缘或紧邻交通设施,昆区填埋场已处于城市规划发展用地内,目前已停产进行封场。随着包头市生活垃圾越来越多,可供填埋处理垃圾的土地越来越少,严重影响城市的发展和城市形象。

2.造成周围环境污染。采用填埋法处理垃圾,垃圾中病毒、有害病菌得不到及时处理,易造成病菌传播,产生的废气、垃圾渗滤液等对地下水和填埋场周围环境存在潜在污染威胁,甚至有气体爆炸的危险。

3.垃圾处理达不到资源化。生活垃圾中有一部分物质是可以回收利用的,采用填埋处理,则将可利用的资源全部埋掉,造成资源浪费,没有经济效益。

4.工作环境恶劣。露天填埋场工作环境差,影响环卫工人的身体健康。

从以上问题可以看出,垃圾卫生填埋处理是国内最简单的垃圾处理方式,远远达不到国家对垃圾处理提出的无害化、减量化、资源化的要求。

### 1.3 EATAD 工艺技术

EATAD 垃圾综合处理技术是由加拿大 IBR 公司经过二十多年实践研究,在德国 ATAD 技术的基础上,结合多项专利技术成果发展形成的、用于分解有机废弃物的高温好氧生物发酵工艺技术(EATAD)。该项技术 1994 年在加拿大开始工厂化实践,并取得成功,在城市生活垃圾处理的无害化、减量化、资源化和经济化四个方面具有国际领先水平。EATAD 技术可有效地去除各种不可生物降解的杂质,并经过 85℃ 高温发酵,杀死各种致病细菌和寄生卵,为有机废弃物的处置提供了一条变“废”为“宝”的有效途径,同时也为农业生产提供了质量可靠的终端产品——生物有机肥。利用 EATAD 技术能有效地处理各种有机废弃物,如餐厨垃圾、禽畜粪便,还包括菜市场、饮食业、食品及饮料加工厂垃圾、废纸、粪便、下水道污泥、污水处理厂污泥等。

EATAD 技术的核心由两部分构成:①有机物与无机物的分离。除采用普通的人工及机械分选前处理技术以外,通过具有专利技术的水力粉碎装置,在匀浆化状态(含固量 8~10%),可使有机物与无机物达到彻底的分离;②整个有机质的发酵过程在匀浆状态进行,在匀浆化状态下生物发酵过程的各种参数可得到有效控制,提高发酵的效率和终产品的质量。在高温富氧环境下微生物迅速繁殖并将有机废弃物完全高速溶解,从而生成活性强、肥性好并具土壤改良功能的生物有机肥,整个生

物降解时间为 3 天左右。

在高温发酵的过程中, 有机物料中的可溶性有机小分子物质透过微生物的细胞壁和细胞膜被微生物直接利用, 难溶的胶体有机物质(大分子物质)在微生物分泌的胞外酶的作用下分解为可溶性物质再渗入细胞而被利用, 或者通过胞饮作用直接将大分子物质吸收进细胞内再降解为小分子物质而被微生物利用。微生物通过同化作用不断合成新的细胞物质并消耗一定的能量, 同时又经过异化作用不断产生代谢产物及微生物生长所需要的能量。

不同的微生物耐热性不同, 通常嗜热菌所具有的耐热性是因为这些微生物的酶耐热性强, 核酸也具有保证热稳定性的结构, 另外, 嗜热微生物的细胞膜结构也与普通微生物不同, 细胞在正常生理条件下, 膜中的脂质成分应保持液晶状态, 而这类菌通常含有更多的饱和脂肪酸和直链脂肪酸, 从而使得在高温下细胞膜还具有较好的流动性和完整性。膜的流动性对于保持细胞内环境与外环境的物质交换是至关重要的。

EATAD 技术中发酵所用的菌种是混合的菌群, 能在 85℃ 的高温下很好生长, 属于嗜热好氧微生物。有机物料匀浆化后的生物可降解物由四种生物大分子糖类、蛋白质、脂类、核酸和一些小分子物质组成。生物大分子在微生物分泌的胞外酶的作用下, 降解成小分子, 被菌体吸收同化为自身组分; 小分子有机物则直接可以透过微生物的细胞壁和细胞膜而被微生物利用。

EATAD 技术主要工艺流程为: 原生垃圾由汽车运入厂内, 计量后卸入集料坑, 用抓斗给板式给料机上料, 由板式给料机给分选装置供料, 经分选除去杂物和可回收物后的有机垃圾经水力粉碎机加工成匀浆, 使物料含固率控制在 8%~10% 之间, 调整 PH 后送入 Y 型罐中, 然后由泵泵入一级发酵罐。物料在一级发酵罐内停留 12h, 加热至 55℃ 后进入二级发酵罐中。有机物的降解和稳定化主要在二级发酵罐内进行, 借助微生物代谢活动的产热使二级发酵罐内形成较高的温度, 罐内温度最高可达 85℃。有机物通过嗜热好氧微生物的快速降解在 48h 内迅速稳定, 再由固液分离机将稳定后的物料分为固态肥和液态肥的初产品。固态肥和液态肥初产品通过干燥、蒸发等设备加工后得到含固率为 92% 的固态肥和含水率为 68% 的液态肥料。

EATAD 技术的最大优点是降城市生活垃圾在短时间内(3 天)通过高温好氧分解技术生产出有机肥, 是目前世界上对城市生活垃圾处理的最佳方式。

EATAD 垃圾处理技术与填埋、堆肥等处理技术相比, 具有效率高、产品质量好、占地面积小、环境污染小等特点, 与焚烧处理相比具有投资小、环境污染容易控制等特点, 非常适合处理我国高有机物、高水分的城市生活垃圾。EATAD 工艺技术与堆肥处理工艺技术的比较见表 1.2。

表 1.2 EATAD 工艺技术与堆肥处理工艺技术对比分析表

	堆肥工艺	EATAD 工艺
含水量	堆肥工艺对物料的含水量非常敏感,如果物料太湿,就很难充分通风充氧,如果太干,微生物生命活动就会停止。含水率过高时需要投加添加剂(通常是木屑),以提高通风充氧效果。但是膨胀添加剂增加了固体物质的体积,使处理设施的占地面积增加,最终产品的营养成分降低。一般要求含水率 $<50\%$ 。	EATAD 工艺可以处理不同水分含量的物料,而不需要添加任何膨胀添加剂。在分解发酵罐中。固体废物以含水量大约为 $92\%$ 的匀浆形式存在。
工艺生产时间	对于堆肥方法,工艺过程虽然已经比自然方式快了很多,但仍然需一个很长的堆肥过程和熟化时间。有机物质通常需要 10 天左右的堆肥时间,另外需要 20 天或更长的熟化时间。即使采用先进的堆肥工艺,有效地缩短了堆肥的时间,但仍然需要较长的时间进行熟化,使产品稳定。	EATAD 工艺过程比任何最有效的堆肥方法都要快。有机物质在 72 小时内就能完全消化分解。生产周期短,周转快,占地面积小。
曝气充氧	对于堆肥方式,通常是通过翻动、搅拌堆垛来达到通风供氧的目的。这种方式导致部分堆垛充氧不充分,使厌氧微生物得以生长,产生臭气和局部过热,某些堆肥设施存在着永久或临时的着火隐患。	EATAD 工艺采用专利曝气设备(称为 Shearator)将氧气有效的传送给有机物质。因为固体废物呈匀浆状,浆液均匀一致,因此能对所有影响因素进行有效控制。
固体废物杂质	对于堆肥方式,通常将固体废物破碎,以增加固体废物的比表面积,提高生物降解率。但同时不可降解的非有机杂质也被磨碎,致使这些污染杂质要从最后产品中分离出来非常困难。使得筛分最终产品无法将玻璃、塑料等杂质完全去除,导致最终产品的使用价值降低。	EATAD 工艺以匀浆形式运行,提高了工厂生产速度,同时也能将所有的非有机杂质分离出来。所以使产品高度均匀,无污染杂质,市场销路好。
环境控制	对于堆肥方式,通风量、pH 值和温度难以控制和监测。堆肥方式不能及时简便地处理。有臭气和污水污染处理问题	EATAD 工艺全面能对通风量、pH 值和温度进行控制和监测。该技术由于能很好地控制微生物生长环境,所以当生产出现偏差时能及时纠正,使不合格的产品得到及时处理。管道化生产,气体易于收集,进行生物除臭处理。工艺过程中所产生的水均用于物料发酵用水,无污水排放。
产品内病原体	在堆肥方式中,对于病原体、杂草种子、昆虫卵来说,较难保证将它们完全杀死。	EATAD 工艺过程中温度可以达到 $85^{\circ}\text{C}$ ,对最终产品进行分析表明:本工艺生产的产品不含任何病原体,使用这些高质量的有机肥料,可以减少杀虫剂、杀菌剂和除草剂的使用量。
产品质量	以堆肥方式生产的产品,有机质 $<30\%$ ,N、P、K $<3\%$ ,腐殖质,只能用作粗有机肥料。	EATAD 工艺生产的产品,有机质 $>60\%$ ,N、P、K $>7\%$ ;单细胞蛋白,可以用作高效固体有机肥料和液体有机肥料。
经济价值	堆肥生产的产品价格低,经济价值低。	EATAD 工艺生产的产品价格适中,市场销路好。
生产方式	比较传统陈旧	现代、封闭型管道化自控工厂。

## 1.4 本课题研究的意义和内容

### 1.4.1 意义

随着经济的高速发展、城市规模的扩大、城市化进程的加速、人口高度集中、国民消费水平的提高,我国城市生活垃圾的产生量和堆积量均在逐年增加。近几年我国城市生活垃圾的年增长率均在8%~10%。人均生活垃圾产量已超过1.0kg(人·d)。

我国城市生活垃圾处理工作起步较晚,水平较低,基础设施差,生活垃圾治理仍处于初级阶段,基本上没有可靠的工艺设备能对城市生活垃圾进行科学治理,因而城市生活垃圾已成为我国城市的最严重的污染之一。日益增长的城市生活垃圾污染环境、破坏生态、危害人类健康、占用和破坏大量土地,已严重威胁到21世纪城市社会、经济和生态环境的可持续发展,成为现代化城市愈来愈严重的、亟待解决的问题之一。

我国目前的城市生活垃圾处理处置技术最常用的为卫生填埋和露天堆放,占总处理量的79.2%,其次采用堆肥,占总处理量的18.8%,少量的采用焚烧技术,约占总处理量的2%。由于我国城市生活垃圾采用混合收集,导致了城市生活垃圾高有机物含量、高水分、低热值、成分复杂的特点,致使出现了焚烧处理热值低、堆肥处理产品质量差、填埋处理污染大等问题,从而影响了我国城市生活垃圾处理产业的发展,因此根据我国生活垃圾特点,必须采用生活垃圾综合处理的方法,才能真正实现城市生活垃圾资源化、无害化、减量化的处理目标,实现城市生活垃圾处理的可持续发展。

目前,各国城市生活垃圾处理,因不同地域、不同经济状况有所不同,但主要以垃圾填埋、垃圾堆肥、垃圾焚烧和垃圾综合处理为主。垃圾焚烧和垃圾综合处理是目前国内外城市生活垃圾研究开发的重点领域。垃圾焚烧处理也是实现城市生活垃圾无害化、减量化和资源化的最有效的手段之一,但投资和运行费用非常高,存在二恶英污染问题,垃圾焚烧在发达国家使用较多,我国仅深圳、广州、上海等极少数城市采用城市生活垃圾焚烧技术。国外有些国家正在兴起从源头减少垃圾,垃圾分装、有用物品回收以及生产建材、筑路原料等,使垃圾进一步资源化,同时减少垃圾处理的负荷。近十年来,在可持续发展和循环经济理论的推动下,国内外城市生活垃圾处理已开始从卫生填埋、焚烧等单一处理方式向无害化、减量化、资源化的综合处理方式发展。我国在城市生活垃圾资源化综合处理方面的研究开发才刚刚起步,前景非常广阔。

包头市市区每天产生生活垃圾约1200t,目前的处置手段主要是卫生填埋,全部由市区的3座垃圾填埋场处置,即昆区垃圾填埋场、青山区垃圾填埋场和东河区垃圾填埋场,昆区垃圾填埋场由于城市发展规划的要求,已进行封场,送往昆区垃圾填埋场的生活垃圾全部由青山区垃圾填埋场负责处置。可以看出,由于垃圾填埋

场需占用大面积的土地资源，已严重制约着包头市的健康发展；同时垃圾填埋处理无法实现垃圾资源化，一些可利用的物质被填埋；填埋场污染防治措施不够完善，已对垃圾场周围环境和地下水造成一定程度污染；垃圾填埋场中有害病菌得不到及时处理，容易造成病菌传播。

包头市是内蒙古自治区最大的工业城市，素有“草原钢城”的美誉。在西部大开发的良好环境中，包头市面临着更多的发展机遇。由于包头市城市环卫基础设施薄弱，特别是城市生活垃圾处理设施落后，已严重影响文明城市形象和投资环境，制约了包头市社会、经济的持续、健康发展，因此采取有效的城市生活垃圾处理措施，已势在必行。

通过采用国际先进的 EATAD 技术处理包头市城市生活垃圾，使有害垃圾转变为生物有机肥，既解决了垃圾填埋中产生的种种问题，同时又产生了社会和经济效益，实现了垃圾处理无害化、减量化、资源化的总体目标要求。本课题的研究，为包头市生活垃圾处理工程提供了可供选择的先进而现代化的工艺方案，并为其实施创造了条件，对包头市实现循环经济和环境保护具有重要意义，也可为我国城市生活垃圾综合处理开辟一条新途径，具有一定的现实意义和广阔的应用前景。

#### 1.4.2 研究内容

本课题针对包头市城市生活垃圾综合处理工程设计方案进行可行性研究，主要研究以下内容：

(1) 通过对国内外城市生活垃圾处理方法理论上和实践上的资料调研，结合包头市城市生活垃圾的成分特点，筛选确定出适应处理包头市生活垃圾的处理方案；

(2) 结合包头市生活垃圾特点，针对引进的 EATAD 工艺进行半工业试验，确定相关的工艺参数。

(3) 完成包头市城市生活垃圾综合处理工程的工艺设计、物料平衡计算、工艺设备选型、公辅设备配置及规划，并对其投资、处理效果、产品质量、运行成本及环境经济效益等进行分析。

## 2 工艺方案的确定和 EATAD 工艺技术参数的选取

### 2.1 工艺方案的确定

#### 2.1.1 常规垃圾处理的局限性和环境问题

##### (1) 填埋工艺

- 容量接近饱和、适合的土地有限
- 新建填埋场选址困难
- 有毒渗滤液难处理、成本高
- 填埋场易产生爆炸，沼气不回收利用，就地排放污染大气
- 填埋场环境卫生差、蚊蝇多

##### (2) 焚烧工艺

- 焚烧气相中残留有少量的 CO 等可燃物
- 烟气中易形成二恶英类毒性物，炉渣中未燃尽有害物的再溶出污染不能完全

避免

- 生活垃圾焚烧的经济性和资源化较低
- 投资及运行费高

##### (3) 堆肥工艺

- 占地面积大
- 处理流程长
- 去除病原菌效果差
- 环境卫生差，易产生臭气、污水等二次污染
- 杂质多，造成堆肥效率低、堆肥成本高、终端产品不稳定、市场价值低

#### 2.1.2 EATAD 工艺技术特点

EATAD 工艺技术利用特有的嗜热菌，经发酵把有机物料转变成高质量、无病原菌、对环境有益、增加土壤肥力的有机肥产品。

##### (1) EATAD 工艺优势

- 72 小时的发酵生产处理周期
- 特殊曝气装置和匀浆分离技术
- 特有的高温好氧菌种
- 生产过程无二次污染
- 选址容易，占地面积小
- 投资规模适宜



- 有机肥质量高效稳定
- 投资回报高，回收期短

## (2) 产品特点

利用 EATAD 工艺技术处理有机废弃物生产出的高效生物有机肥，具有营养植物，增加土壤肥力的复合功效，并一定程度地抑制了植物病虫害的发生。

### ① 肥效及效果

该工艺生产的高效生物有机肥产品富含有机质，并含有较为丰富的营养元素和一定量的有益微生物。施用到土壤中能够改善土壤微生态环境，增强土壤的物理、化学和生物化学特性。在土壤中能长期释放养分供给植物营养，除氮、磷、钾外，也能补充土壤的钙、镁等微量营养元素，有效养分能完全溶于水，被植物有效吸收，肥料的利用率高；还能提高土壤微生物活性和酶的活性，使之产生植物生长激素，促进植物对营养元素的吸收，并抵抗一些致病因子，减轻病虫害，保持植株亮丽、花色鲜艳。产品使用产生效果如下：

- 通过向土壤提供必需的氨基酸而达到土壤营养的最佳循环；
- 提供作物对杂草和病虫害的抵抗能力，减少化肥和农药的用量；
- 提高肥料的效率；
- 提高产量，增加收益；
- 改善水果、蔬菜的口味，提高营养品质；
- 保持土壤水分，增加土壤养分，防止板结；
- 长期使用将使土壤越来越肥沃。

### ② 无污染、无公害

本产品为单细胞蛋白，施用到土壤中可被土壤微生物降解，供植株生长所用，对土壤、水、空气均无污染。在本产品的生产工艺中，通过垃圾的分拣、杂质分离有效地去除了各种不可生物降解的杂质；经过 85℃ 高温发酵，能够杀死各种致病细菌和寄生虫卵，严格控制和避免了产品的污染；施用 EATAD 工艺生产的生物有机肥生产的蔬菜、粮食均无污染，是真正的绿色食品。

### ③ 具有生物活性

EATAD 工艺生产出来的有机肥是一种生物有机肥，含大量的有益微生物，并能激活土壤中的各种微生物。施肥后有效微生物能够继续存活，并大量繁殖，如同生物转化工厂，不断地转化有机元素和固定空气中的氮，使其转化成植物可吸收的养分。

另外，产品还含有多种次生代谢产物，能够抑制多种植物病菌。

## (3) EATAD 工艺其它用途

EATAD 工艺主要利用特殊菌种通过高温发酵将有机废弃物发酵、分解成多种营养成分组成的高效生物有机肥。该工艺不仅可以用于处理城市生活垃圾，还可以用

于处理食品废料、牲畜粪便废弃物、餐馆泔脚以及城市生活污水处理系统产生的污泥，用途较为广泛。

### 2.1.3 工艺方案的确定

目前，我国垃圾处理政策为：在具备卫生填埋场地资源和自然条件适宜的城市，以卫生填埋作为垃圾处理的基本方案；在具备经济条件、垃圾热值条件和缺乏卫生填埋场地资源的城市，可发展焚烧处理技术；积极发展适宜的生物处理技术，鼓励采用综合处理方式。国家环境保护“十一五”规划纲要，到2010年城市垃圾无害化处理率大于60%，回收和综合利用率达到40%。依照国家垃圾处理政策并结合包头市的实际情况，包头市生活垃圾处理方案的确定应考虑以下原则：第一，卫生填埋作为垃圾处理的最终处置手段在一定时期内是必不可少的，但随着城市的发展，土地资源日益稀缺，必须对垃圾减量化。第二，“垃圾是一种放错地方的资源”，采用分类处理，充分回收利用其可用成分，是实现垃圾减量化的有效手段。第三，目前包头市生活垃圾中可腐有机物超过40%，已具备制肥条件，而且包头市及其周边地区具有巨大的有机肥销售市场，因此采用先进的生物分解技术进行综合制肥处理是必要和可行的。第四，随着城市生活垃圾热值的不断提高，焚烧将是较彻底的处理方式，但是其二次污染的治理具有较大的难度，而且其投资规模对于包头市目前的经济、生活水平而言，是难以接受的。

基于以上几点，遵循我国垃圾处理的技术政策，从实际出发，综合比较卫生填埋、堆肥、焚烧等垃圾处理方式，对包头市原生垃圾实行全量化分拣，最大限度回收利用物，并采用EATAD技术生产高效有机生物肥，剩余物运至填埋场的综合处理方案，是目前适合包头市城市生活垃圾处理的较佳方案。

## 2.2 EATAD 工艺技术参数的选取

### 2.2.1 EATAD 技术处理生活垃圾试验

包头市生活垃圾处理方案中确定采用加拿大的高温好氧生物分解技术(EATAD)对垃圾中的有机杂质进行处理，该技术在加拿大成功应用于处理生活垃圾已经多年，但由于加拿大生活垃圾为分类收集，EATAD技术仅用于处理生活中的厨余垃圾、餐饮泔脚等高有机废物。虽然加拿大科学家已对EATAD技术中采用的微生物菌群对垃圾中有机物的分解作用进行了研究，但为了解决EATAD技术针对包头市生活垃圾中有机废物的处理效果和有关工艺参数，进行了半工业试验。

### 2.2.2 试验装置与流程

本次试验在包头天伦环保有限公司建设的半工业试验装置生产线完成。主要装置设备有粉碎机、发酵反应器、曝气装置、板框压滤机、加热器、干燥器和蒸发浓

缩装置、温度计量控制装置以及常规实验分析仪器设备等。试验流程为：垃圾中有机杂质在粉碎机内粉碎，并匀浆化使含固率达到 8%~10%，匀浆化物料进入一级发酵反应器并加热至 55℃，再进入二级发酵反应器进行发酵反应，发酵反应器底部用圆形穿孔管进行空气曝气。

### 2.2.3 试验目的

通过半工业试验确定 EATAD 技术处理生活垃圾过程中主要影响因素发酵时间、pH 值、温度控制、曝气量的最佳参数，为工程设计提供工艺参数依据。

### 2.2.4 试验方法

试验采用运至包头市青山区垃圾填埋场的原生垃圾，经人工分拣出有机垃圾并进行混匀，然后按照试验要求分离出多个试验样品进行试验，匀浆化物料必须保证含固率在 8%~10%之间，一级发酵反应器设有间接蒸汽加热装置为一级发酵反应器进行加热，使嗜热菌的酶类至 55℃被迅速激活，一、二级发酵反应器均设有保温和温度计量控制装置，二级发酵后的熟物料采用板框压滤机进行固液分离。

### 2.2.5 试验内容

本次试验主要利用加拿大通过的微生物菌种研究 EATAD 技术中发酵时间、pH 值、温度控制、曝气量对生活垃圾中有机废物的降解速率的影响。

### 2.2.6 试验结果

#### (1) 发酵时间对有机废物的降解影响

EATAD 技术发酵过程分两步，在一级发酵反应器主要通过加热升温至 55℃，使嗜热菌被激活，按照加拿大的经验，一级发酵停留时间一般为 12h，本次试验一级发酵时间仍按 12h 考虑。由于二级发酵反应才是有机废物分解的主要过程，因此本次试验重点研究二级发酵反应时间对有机废物的降解影响。二级发酵反应时间与有机质的降解试验结果见图 2.1。从试验结果可以看出，二级发酵反应时间短，有机质分解不完全，当发酵反应时间达到 45~50h，有机物的降解率最高，最高值为 37.5%，随着发酵时间的延续，有机物的分解率基本保持恒定，说明有机物的分解反应已经完成。

#### (2) 控制发酵温度对有机物的降解影响

试验过程通过控制发酵反应温度来了解温度对有机物的分解速率和效率的影响，试验结果见图 2.2。一级发酵反应器使物料的温度达到 55℃后，嗜热菌开始代谢活动，微生物降解有机物的过程是释放能量的过程，由于能量的释放反应器开始自升温，随着反应器温度的升高，嗜热菌分解有机物的速度逐渐加快，当温度逐步上升至 85℃左右时，有机物的降解率最大，达到 41.7%，随后温度开始下降，说明

生化反应减慢，也就是说有机物分解基本完成，发酵反应过程结束。试验结果表明有机废物的分解效率与反应温度有直接关系，并相互影响，由于反应温度读取方便快捷，因此在工程设计中可作为控制发酵工艺的基本指标之一。为了节约能源，保证发酵反应速率和分解效率，发酵反应器应采用良好的保温措施将释放的热量保存使系统能够自升温。

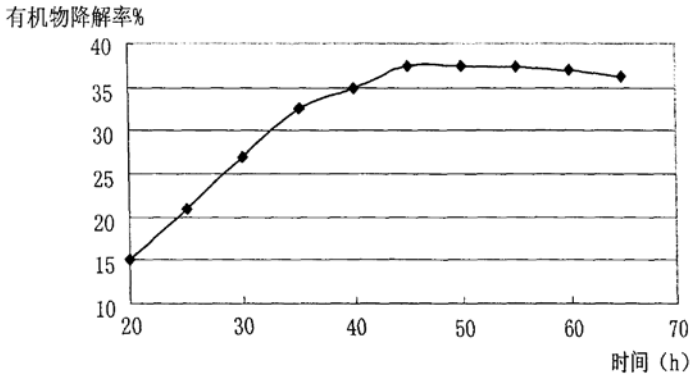


图 2.1 有机物降解率和发酵反应时间的关系

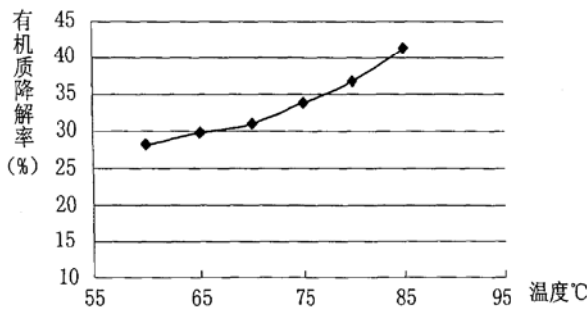


图 2.2 发酵反应温度与有机质降解率的关系

### (3) pH 值对有机物降解影响

物料中 pH 值也是影响微生物活动的主要因素之一，试验时对粉碎后匀浆化物料进行 pH 值控制，通过不同的 pH 值测定发酵后有机质的分解效率，试验结果见表 2.1。从表中结果可以看出，当 pH 值在 7~7.5 范围时有机质分解效率最大。

表 2.1 pH 值与发酵效果的关系

pH 值	< 7.0	7.0~7.5	7.5~8.0	> 8.0
有机质降解率 (%)	37.5	48.7	43.1	31.4

## (4) 曝气量对有机物降解影响

试验研究的发酵过程是一个高温好氧过程，氧的供给对发酵过程的影响十分显著。发酵反应器中溶解氧是由曝气装置将空气鼓入实现的，因此曝气量直接影响着微生物与有机质的反应效果，试验结果见表 2.2。由表可以看出，若曝气量过大，有机质降解率降低，加大曝气量不仅不能使氧转移效率提高，反而起到散热的作用，使得系统温度降低，对有机质的分解不利，曝气量太小转移到物料中的氧量极低又会造成厌氧化。从试验结果来看，曝气量在  $0.81\sim 0.91\text{m}^3/(\text{m}^3\cdot\text{h})$  时，有机质降解率最大。

表 2.2 曝气量与发酵效果的关系

曝气量 ( $\text{m}^3/\text{m}^3\cdot\text{h}$ )	1.16~1.18	1.11	0.81~0.91
有机质降解率 (%)	36.2	42.1	44.8

## 2.2.7 EATAD 工艺设计参数的确定

根据实验结果及分析结论，确定采用 EATAD 工艺技术处理包头市城市生活垃圾的工艺设计参数如下：

一级发酵反应器：加热反应时间 12h

二级发酵反应器：反应时间 48h

pH 值：7.3

二级发酵反应温度：控制在  $85^\circ\text{C}$

曝气量： $0.85\text{m}^3/\text{m}^3\cdot\text{h}$

### 3 工程设计

根据确定的包头市城市生活垃圾综合处理工艺方案以及试验研究确定的 EATAD 工艺技术参数,对包头市生活垃圾综合处理工程进行设计。

#### 3.1 包头市生活垃圾产生量及组成

##### 3.1.1 生活垃圾产生量

根据包头市环卫部门的统计资料,包头市现年产生生活垃圾约为  $61 \times 10^4 \text{t}$ ,其中昆区、青山区年产垃圾  $28.2 \times 10^4 \text{t}$ ,全部送青山区垃圾填埋场处理,东河区年产垃圾  $16.06 \times 10^4 \text{t}$ ,全部送东河区垃圾填埋场处理。由于青昆两区居民生活水平、居住条件较好,集中供热率和燃气化率高达 80%以上,青昆两区的生活垃圾中可回收物及有机物较高。本次设计是以送入青山区垃圾填埋场的青昆两区生活垃圾作为原料进行设计的。

##### 3.1.2 生活垃圾组成

根据包头市城市生活垃圾调查统计,包头市城市生活垃圾堆比重为  $0.4 \text{t/m}^3$ ,含水率 40~60%,有机物含量为 50%以上,碳氮比(C/N)为 20:1~30:1,垃圾中既不含有毒、有害、有腐蚀或放射性的物质,也不含易燃、易爆等危险品及医疗垃圾等。目前其城市生活垃圾物理组份及含量情况见表 3.1。

表 3.1 包头市城市生活垃圾物理组份及含量表

组份 \ 含量	%	干基 (%)	水份 (%)
竹木、布类	3.09	60	40
塑料	10.51	60	40
纸类	5.21	70	30
玻璃	8.05	95	5
渣石	15.6	80	20
金属	2.24	100	0
厨余	55.3	20	80
合计	100.0		

以上表中所列垃圾组份按年平均计算。

#### 3.2 工程设计指标

##### 3.2.1 设计规模

根据包头市青昆两区生活垃圾产生情况,确定设计规模为处理城市生活垃圾

500t/d。

### 3.2.2 产品方案

包头市生活垃圾综合处理工程产品方案见表 3.2。有机肥料产品满足国家标准《有机肥料》(NY525—2002)。

表 3.2 包头市生活垃圾综合处理工程产品产量表

序号	产品名称	产量 (t/a)
1	固态肥	16279
2	液态肥	15622
3	废塑料	16988
4	废金属	3680
5	废玻璃	12943
6	废纸	3417

## 3.3 工艺设计

### 3.3.1 垃圾处理工艺流程

包头市生活垃圾综合处理工程采用加拿大 EATAD 技术处理生活垃圾,其生产工艺包括垃圾前处理、发酵、后处理工序,各工序分述如下:

#### (1) 垃圾前处理

原生垃圾通过自卸卡车运到垃圾处理厂后,经称重后卸入集料坑内,集料坑容量为每天的垃圾处理量,集料坑有效堆存率按 85%考虑。垃圾日进日出,不滞留过夜。原生垃圾在集料坑内经静置沥水后,由 5t 抓斗吊车将垃圾放入给料斗中,均匀送入板式给料机上,由板式给料机送至监测运输机,由人工将粗大料及石块、玻璃等拣出,粗分选后的垃圾经皮带输送机送入滚筒破袋机进行破袋,破袋后的物料通过手选输送机,经人工监测平台,由人工将少量的未破袋破开,同时分拣出大量的纸张、塑料、玻璃、石块、竹木、布类等可回收物和需回填埋的废物,后再经悬挂磁选机将铁金属分离出来,分离金属后的物料再经皮带输送机送入机械破碎机,将物料进行破碎,以利于水力粉碎,破碎后的物料经皮带输送机送入储料箱中,再分批送入水力粉碎机。

全自动水力粉碎机是 EATAD 技术的主要部分,其核心是根据水力学的原理,将进入粉碎机内的物料通过叶轮搅拌刀进行粉碎,将厨余、纸张做为悬浮物在水中循环运动,同时利用离心力将剩余的不宜发酵的杂物和可回收物料(塑料、纸张、金属、玻璃等)分离出机器之外,每批物料的水力粉碎工作时间为 40min,该技术对各种垃圾的分辨率和垃圾分选有效率达 90%以上。水力粉碎需加入一定量的水,由后工序产生的蒸发液供给。

水力粉碎后的物料由泵泵入 Y 型罐中,在 Y 型罐中将物料调整为含固率 8%的

匀浆。物料在 Y 型罐中的停留时间为 20min。

集料坑为全封闭的建筑，其卸料侧设有 6 扇门，卸料时开启门打开，同时开启空气幕，以防臭味扩散。坑上部设抽气口，工作期间保持集料坑内为负压，收集的臭气经过生物处理后达标排放。坑内产生的垃圾渗沥水进入在坑底一端设置的污水坑，由污水泵抽入前处理工序作为稀释液。

前处理车间内布置板式给料机、破袋机、皮带输送机、磁选机、人工分拣平台、机械粉碎、水力粉碎、Y 型罐等设备。车间为全封闭形式，内设置排风系统和雾化除臭装置。

## (2) 垃圾发酵

### a. 一级发酵

经前处理后匀浆化的生物可降解物用泵输送到一级发酵罐，把二级发酵罐 10% 的出料，即成熟的发酵液经泵送入一级发酵罐中接种，再通过外加水蒸汽加热升温到 55℃，进行一级发酵。在一级发酵罐中装有机械搅拌装置和曝气装置，进行搅拌和曝气。一级发酵罐为批式处理过程。物料在一级发酵罐内的停留时间为 12h。一级发酵罐的主要作用在于升温，为嗜热好氧菌的代谢创造条件。

### b. 二级发酵

一级发酵后 55℃ 的匀浆由泵输送到二级发酵罐中，在发酵初期，由于嗜热好氧菌尚未形成生长优势，发酵罐内温度略有下降，随后逐渐上升。随着搅拌和曝气，嗜热菌的酶类在 55℃ 被迅速地激活，快速利用有机质进行新陈代谢，生长繁殖。由于新陈代谢的进一步加强，代谢产生的热量使温度继续上升，直到有机质被降解，发酵过程中，二级发酵罐的温度最高可达 85℃，二次发酵过程耗时 48h。10% 的成熟发酵液被用作下次发酵的种子发酵液，其他部分送到后工序制成有机肥料。二级发酵罐内装有机械搅拌装置和曝气装置，用来提供微生物生长所需的氧量。

发酵罐顶部设有特制的曝气装置，曝气装置将空气压缩进入浆液，以供好氧微生物代谢所需。

## (3) 垃圾后加工处理

经过发酵处理后的浆液仍含有少量的未被消化的可生物降解物质（如果皮、外壳、塑料片等），为了去除这些颗粒和杂物，使用 4mm 的机械格筛机筛分浆液。从格筛出来的液体经泵送至储料罐，杂物送至垃圾箱，用于处置或再发酵。从储料罐中出来的发酵液先进行絮凝反应，再经过固液分离装置分为固体部分和液体部分。固体部分经过干燥、冷却、造粒、包装后成为含固率为 92% 的固体有机肥料。液体部分则经过澄清、蒸发浓缩、装桶后成为含固率为 32% 的液体有机肥料。所有成品有机肥料送成品库储存。

包头市生活垃圾综合处理工程工艺流程图见图 3.1。前处理、发酵和后加工生产系统平面图分别见附图 1、附图 2、附图 3。



### 3.3.2 车间组成

包头市城市生活垃圾综合处理工程车间组成主要包括前处理车间、发酵车间、后加工车间、机修车间、锅炉房、水泵房、变电所、仓库、综合楼、车库、地磅间等组成。

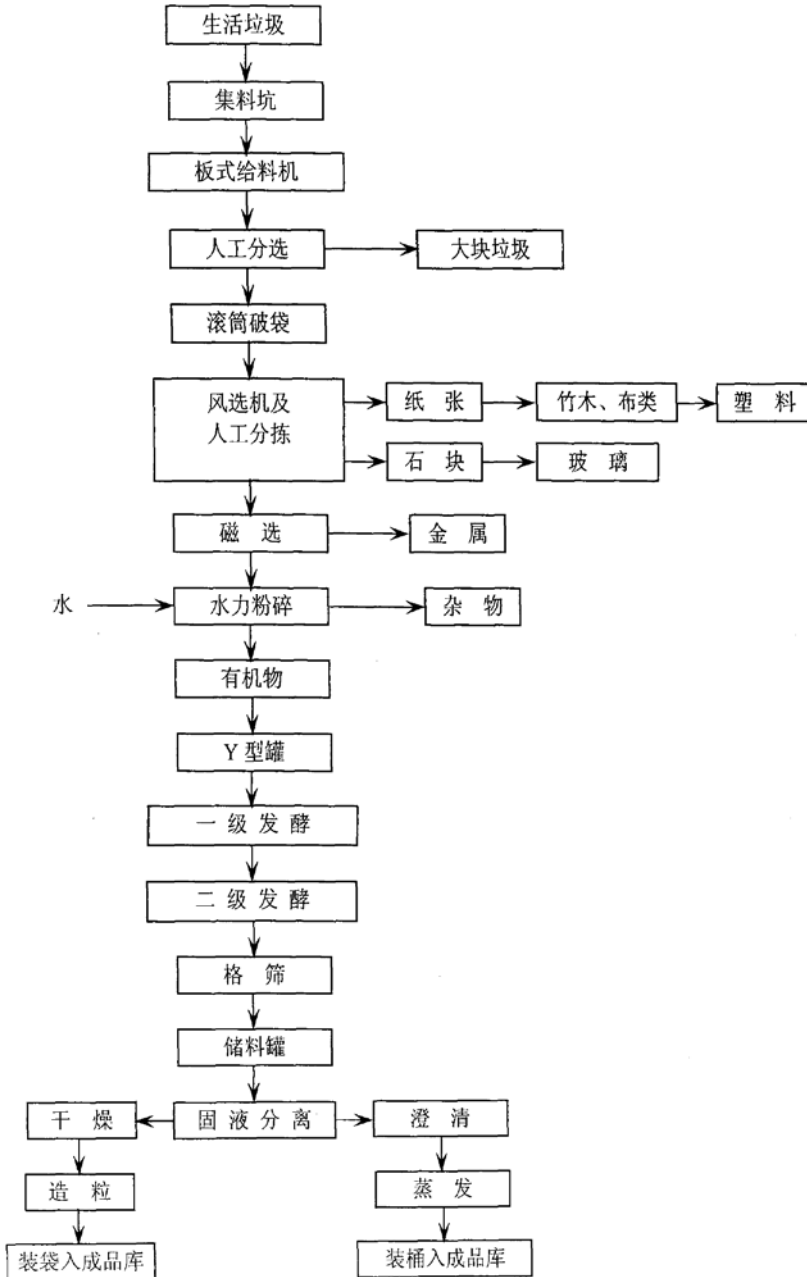


图 3.1 包头市城市生活垃圾综合处理工程工艺流程图

## 3.3.3 物料平衡

包头市城市生活垃圾综合处理工程物料平衡见图 3.2。

垃圾处理工程共拣出物料 81811.1t/a。其中, 竹木布类 5263.3t/a、渣石 25053.6t/a、厨余 3011.25t/a, 水力粉碎机拣出物料 11457.35 t/a, 以上 44785.5 t/a 物料均不可回收(占原生垃圾总量的 25%), 送至卫生填埋场填埋。可回收物料有: 纸类 3416.4t/a、玻璃 12942.9t/a、金属 3679.2t/a、塑料 16987.1t/a, 共计 37025.6 t/a (占原生垃圾的 20%)。前处理车间各工序拣出物料分别列于表 3.3、表 3.4、表 3.5 中, 表中单位为 t/d。

表 3.3 人工分拣拣出物料表

去除物	去除率	去除量	水分	干物质	剩余量	水分	干物质
竹木、布类	30%	4.65	1.86	2.79	10.85	4.34	6.51
塑料	30%	15.60	6.24	9.36	36.4	14.56	21.84
纸类	20%	5.2	1.56	3.64	20.80	6.24	14.56
玻璃	40%	16.12	0.81	15.31	24.18	1.21	22.97
渣石	40%	31.20	6.24	24.96	46.80	9.36	37.44
厨余	1%	2.77	2.22	0.55	274.23	219.39	54.85
合计		75.54	18.93	56.61	413.26	255.09	158.18

表 3.4 破袋、人工监拣、磁选拣出物料表

去除物	去除率	去除量	水分	干物质	剩余量	水分	干物质
竹木、布类	90%	9.77	3.90	5.87	1.08	0.43	0.65
塑料	85%	30.94	12.38	18.56	5.46	2.18	3.28
纸类	20%	4.16	1.25	2.91	16.64	4.99	11.65
玻璃	80%	19.34	0.97	18.37	4.84	0.24	4.6
渣石	80%	37.44	7.49	29.95	9.36	1.87	7.49
金属	90%	10.08	0	10.08	1.12	0	1.12
厨余	2%	5.48	4.39	1.09	268.75	215	53.75
合计		117.21	30.38	86.83	307.25	224.71	82.54

表 3.5 水力粉碎拣出物料表

去除物	去除率	去除量	水分	干物质	剩余量	水分	干物质
竹木、布类	60%	0.65	0.26	0.39	0.43	0.17	0.26
塑料	90%	4.91	1.96	2.95	0.55	0.22	0.33
纸类	40%	6.66	2.00	4.66	9.98	2.99	6.99
玻璃	90%	4.36	0.22	4.14	0.48	0.02	0.46
渣石	90%	8.42	1.68	6.74	0.94	0.19	0.75
金属	90%	1.01	0	1.01	0.11	0	0.11
厨余	2%	5.38	4.30	1.08	263.37	210.70	52.67
合计		31.39	10.42	20.97	275.86	214.29	61.57

### 3.3.4 主要工艺设计及设备选型

工程主要生产工艺设备有板式给料机、滚筒破袋机、强磁除铁机、破碎机、水力粉碎机、Y型罐、发酵罐、固液分离机、干燥机、造粒机、颗粒包装机、蒸发浓缩机、灌装机、带式输送机及拣选平台、桥式天车等，设备性能及选型如下：

#### (1) 集料坑

集料坑是用于堆放原生垃圾，容量按每天 500t 垃圾处理量考虑，垃圾容重以  $0.4t/m^3$  计，则每天原生垃圾的容积为  $1250m^3$ 。设计集料坑长 42m，宽 12m，深 3m，总容积为  $1512m^3$ ，有效堆存率按 85% 计，则集料坑总有效储存能力为  $1285.2m^3$ ，可满足堆存需要。

为防止垃圾产生的臭气外溢，集料坑设计为全封闭的建筑，其卸料侧设有 6 扇门，卸料时卸料门打开，同时开启空气幕，以防臭味扩散。坑上部设抽气口，工作期间保持集料坑内为负压，收集的臭气经过生物处理后达标排放。坑底设有垃圾渗沥液收集坑，收集后的渗沥液由泵送入前处理工序作为稀释液利用。

集料坑内设二台 5t 桥式遥控抓斗吊车，抓斗容积  $4.5\sim 6m^3$ 。

#### (2) 前处理工序

城市原生生活垃圾经人工初选、破袋、风力分选、磁力分选、破碎、人工细选等分选装置预处理后，将可回收物质和可降解有机物分离，可回收物根据不同类别进行回收利用，可降解有机物进入料仓，送发酵系统制肥。前处理工序设计设置两条生产线，每条生产线为两班制生产，每条生产线单班生产能力为处理生活垃圾 125t。前处理系统设置排风系统和雾化除臭装置。主要分选设备选型：

- 板式送料破袋机 二台

$Q=25t/h$ ,  $n=5\sim 8rpm$ ,  $N=15kW$

- 八角筛分机 四台

$Q=30\sim 40m^3/h$ ,  $n=18rpm$ ,  $N=11.5kW$

- 风选机 四套

$Q=2\times(1600\sim 2300)m^3/h$ , 全压  $2\times(400\sim 420)Pa$ ,  $N=2\times 0.5kW$

- 粗破碎机 二台

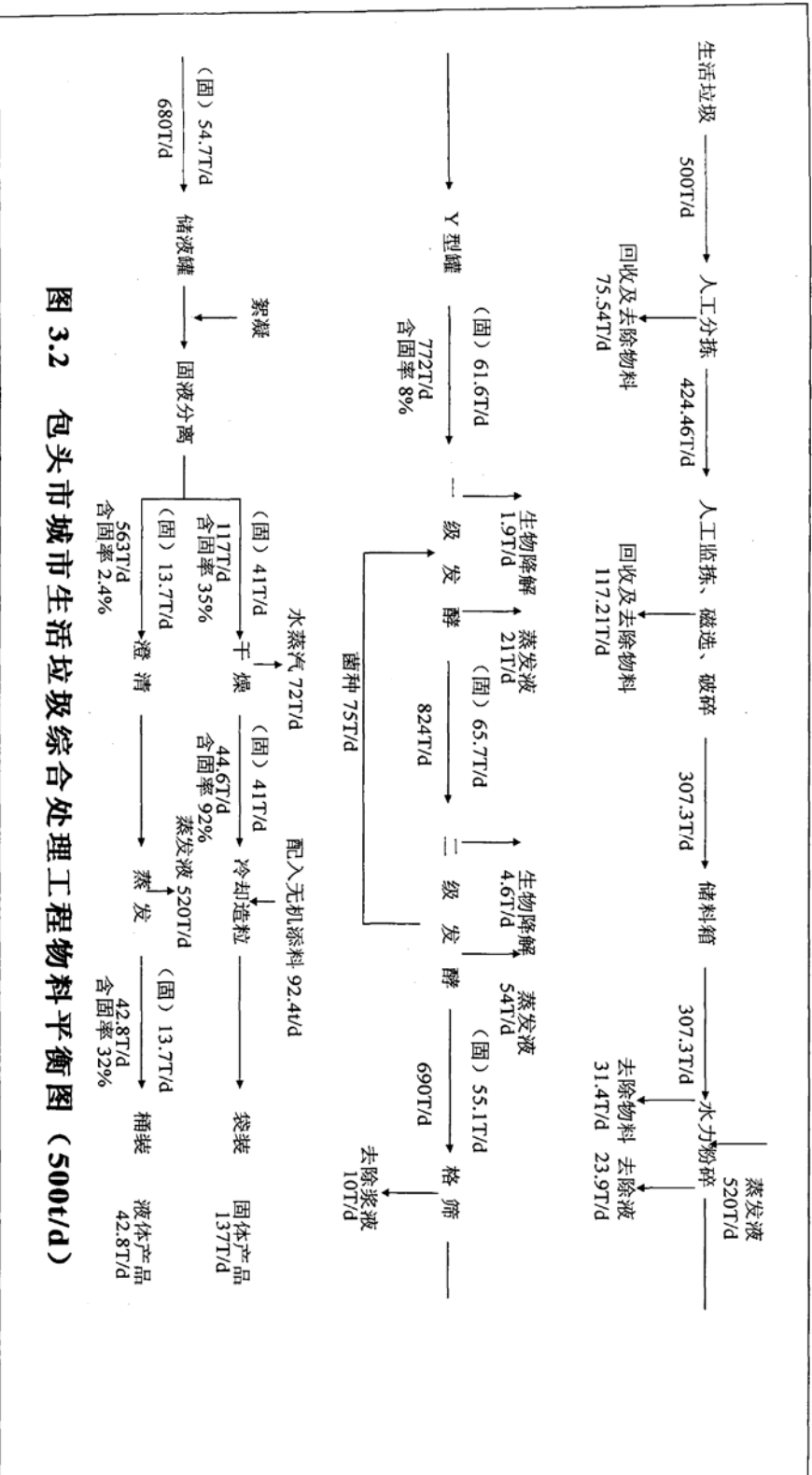


图 3.2 包头市城市生活垃圾综合处理工程物料平衡图 (5000t/d)

$Q=1250\text{kg/h}$ ,  $N=11\text{kW}+18.5\text{kW}$ , 破碎粒度  $50\times 50\times 100\text{mm}$

- 硬物分选机 二台

$Q=12\text{t/h}$ ,  $N=5.5\text{kW}+0.5\text{kW}$

- 布料磁选输送机 二台

$Q=15.8\sim 79\text{t/h}$ ,  $N=5.5\text{kW}$ ,  $B=1200\text{mm}$

## (2) 发酵系统

发酵系统采用引进的强化自生嗜热好氧生物分解工艺技术 (EATAD) 处理分选得到的可降解有机物。发酵系统由匀浆装置和发酵装置组成, 匀浆装置主要包括水力粉碎机 and Y 罐, 发酵装置主要包括一级发酵罐和二级发酵罐。前处理工序将原生垃圾分类处理后得到不宜发酵的杂物、可回收物料 (塑料、纸张、金属、玻璃等) 和有机废物, 有机废物进入全自动水力粉碎机进行粉碎, 进一步分离杂物。

水力粉碎后的物料泵入 Y 型罐中, 进行匀浆处理和调节 pH 值, 匀浆后物料泵入一级发酵罐, 通过蒸汽加热活化菌种, 然后进入二级发酵罐中进行生物分解反应。水力粉碎补水由垃圾渗沥液、蒸发冷凝液和新水补充, 每天补水量为 520t。水力粉碎为分批生产, 前处理为连续式生产, 水力粉碎与前处理之间设有缓冲储料罐。

发酵系统设备选型主要采用半工业试验确定的技术参数进行选型计算, 水力粉碎的工作时间为 40min, Y 罐工作时间为 20min, 同时控制物料含固率在 8%, 调节 pH 在 7.3, 一级发酵罐工作时间为 12h, 采用蒸汽加热至  $55^{\circ}\text{C}$ , 二级发酵罐工作时间为 48h, 一级、二级发酵罐曝气量为  $0.85\text{m}^3/\text{m}^3\cdot\text{h}$ 。根据物料计算, 进入一级发酵罐的物料量和菌液共为 847t/d, 需配备 2 个一级发酵罐, 单个发酵罐的容积为  $300\text{m}^3$ ; 进入二级发酵罐的物料量为 824t/d, 二级发酵时间为 48h, 设计每个发酵罐容积为  $300\text{m}^3$ , 每批需要一组 3 个发酵罐, 共需二组, 考虑实际操作, 备用一组发酵罐, 因此二级发酵罐共设计 9 个。二级成熟发酵液的 10% 被用作下次发酵的种子发酵液。

整个发酵工程, pH 值、温度、粘稠度、DO 等主要工艺参数由在线仪表自动连续监测控制。

经计算主要设备选型:

- 储罐 二个

$\text{O}6000\times 2000$ ,  $V=50\text{m}^3$

- 水力粉碎罐 二台 (引进)

$V=25\text{m}^3$ ,  $N=320\text{kW}$

- Y 罐 二台

$V=20\text{m}^3$ ,  $N=37\text{kW}$

- 一级发酵罐 二台

$\phi=6400\times 9500$ ,  $V=300\text{m}^3$ ,  $N=45\text{kW}$

每罐配有 6 套曝气装置  $N=35\text{kW}$

• 二级发酵罐 九台

$\phi=6400\times 9500$ ,  $V=300\text{m}^3$ ,  $N=45\text{kW}$

每罐配有 6 套曝气装置  $N=35\text{kW}$

(3) 后加工系统

发酵系统处理后的成熟物料泵送至后加工系统, 经固液分离后, 固态部分(泥饼)经干燥、冷却、造粒生产固体有机肥, 液态部分(滤液)经澄清、蒸发浓缩、装桶后成为液态有机肥, 经计算主要设备选型:

• 废液罐 三个

$\text{O}7000\times 6000$ ,  $V=230\text{m}^3$

• 卧螺沉降离心脱水机 二台

$N=30\text{kW}+7.5\text{kW}$

• 一效蒸发器 二套

$Q=15\text{m}^3/\text{h}$

• 二效蒸发器 二套

$Q=15\text{m}^3/\text{h}$

• 干燥机 二台

$Q=10\text{t}/\text{h}$ ,  $\phi 2000\times 16000\text{mm}$ ,  $N=7.5\text{ kW}$

• 热风炉 一座

LH—10 风量  $3500\text{—}4500\text{m}^3/\text{h}$ , 温度  $600\text{—}700^\circ\text{C}$ ,  $N=10\text{kW}$

• 转鼓造粒机 二台

$Q=0.5\text{t}/\text{h}$ ,  $\phi 1800\times 6000\text{mm}$ ,  $n=12.39\text{rpm}$ ,  $N=18.5\text{ kW}$

• 干燥机 二台

$\phi 2200\times 24000\text{mm}$ ,  $n=2.71\text{rpm}$ ,  $N=37\text{ kW}$

• 燃烧炉 一台

LH—5 风量  $1800\text{—}2800\text{m}^3/\text{h}$ , 温度  $600\text{—}700^\circ\text{C}$ ,  $N=6.7\text{kW}$

• 冷却机 一台

$\phi 1500\times 18000\text{mm}$ ,  $n=2.88\text{rpm}$ ,  $N=11\text{ kW}$

### 3.3.5 公辅设施

包头市生活垃圾处理工程配套设施有臭气处理、供电、供水、蒸汽锅炉等辅助设施。

(1) 臭气处理设施

主要处理原料堆存、发酵过程产生的氨气、硫化氢等臭气, 臭气处理采用生物滤池进行处理。生物滤池设计处理能力为  $80\text{m}^3/\text{m}^3\cdot\text{h}$ , 滤池中填料高度为  $1.0\text{m}$ , 生

物滤池占地面积为 500m<sup>2</sup>。

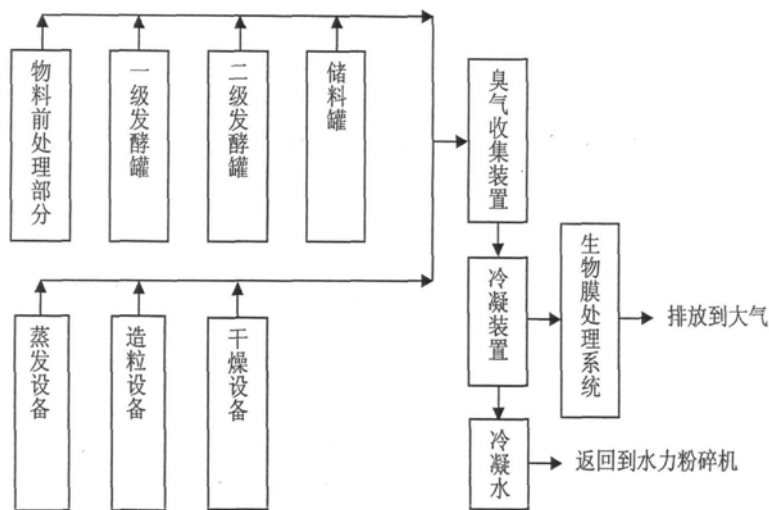


图 3.3 包头垃圾处理工程臭气处理系统图

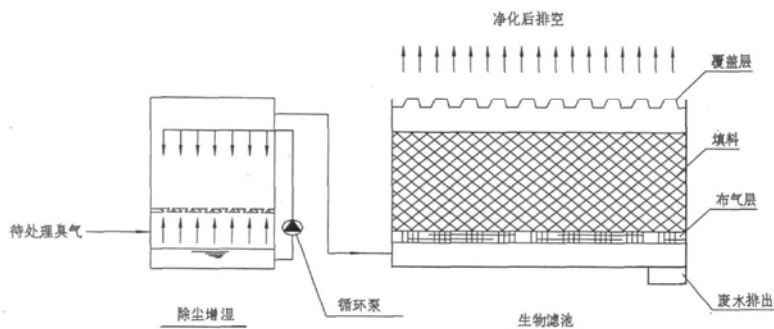


图 3.4 生物滤池除臭工艺图

### (2) 热力设施

根据蒸汽耗量计算，工程需蒸汽 19.7t/h，蒸汽温度 120℃，蒸汽压力 1.3MPa。工程建设 1 座锅炉房，设计两台 20t/h 蒸汽锅炉，为满足采暖需要设计一台 DZL-1.4-0.7/95/70-A II 采暖热水锅炉。

### (3) 给排水设施

包头生活垃圾综合处理工程设计总用水量为 208m<sup>3</sup>/h，其中冷凝水循环水量为 64.5 m<sup>3</sup>/h，油环水量为 100 m<sup>3</sup>/h，锅炉软环水量为 5 m<sup>3</sup>/h，生产补充新水为 35.5 m<sup>3</sup>/h（包括制备软水用水量），生活用水量为 3 m<sup>3</sup>/h（包括检化验用水）。生产排水量为 28 m<sup>3</sup>/h，生活排水量为 3 m<sup>3</sup>/h。

设计生产生活用水来源于新建的水井，取水量为 50 m<sup>3</sup>/h。

工程设泵站一座，主要包括泵房、软水制备间、清水池、贮水池、沉淀池等。

① 给水系统

给水泵 2 台，1 台工作，1 台备用，IS65-40-200  $Q=25\text{m}^3/\text{h}$   $n=2900\text{r}/\text{min}$   
 $N=7.5\text{kW}$   $H=50\text{m}$ 。

给水泵 2 台，1 台工作，1 台备用，IS80-50-200  $Q=31\text{m}^3/\text{h}$   $n=2900\text{r}/\text{min}$   
 $N=15\text{kW}$   $H=55\text{m}$ 。

② 锅炉软环水系统

设冷凝水回水泵 1 台，2.5N3×2  $Q=10\text{m}^3/\text{h}$   $n=2950\text{r}/\text{min}$   $N=55\text{kW}$ 。

③ 蒸发冷凝水循环系统

设循环泵 3 台，2 台工作，1 台备用，6N6  $Q=90\text{m}^3/\text{h}$   $n=2950\text{r}/\text{min}$   $N=40\text{kW}$   
 $H=66\text{m}$ 。

④ 浊环水系统

设浊环水泵 2 台，1 台工作，1 台备用，80WGF  $Q=100\text{m}^3/\text{h}$   $n=2940\text{r}/\text{min}$   
 $N=22\text{kW}$   $H=42.5\text{m}$ 。锅炉除尘循环水泵 2 台，1 台工作，1 台备用， $Q=10\text{m}^3/\text{h}$ 。

⑤ 消防水泵

设离心泵 1 台，IS100-65-200  $Q=125\text{m}^3/\text{h}$   $n=2900\text{r}/\text{min}$   $N=22\text{kW}$   $H=45\text{m}$ 。

(4) 其它配套设施

供配电设施：主要包括 10kV 变电站及生产系统配电设施和相应外网。

机修检化验设施：主要建设内容为机修间和成品、原料检化验设施。

采暖通风除尘设施：所有建筑物均设有采暖设施，采暖为热水采暖，由热水锅炉供给。在集料坑、前处理厂房、发酵厂房、后加工厂房设有机械排风系统及废气处理系统。锅炉房产尘点设有除尘系统。

另外，还包括综合楼、门卫、车库等。

### 3.4 环境保护

包头市城市生活垃圾综合处理工程是一项固废综合利用环保工程，工程同时还产生一些废气、恶臭、废水等污染，针对垃圾处理工程产生的污染，工程也采取了相应的治理措施。

(1) 废气

生产工艺各车间及生产工序（集料坑、前处理分拣工序、发酵罐、储料罐、蒸发、造料和干燥等）产生的恶臭气体收集后送臭气处理系统统一处理，经排气装置收集后，通过湿式除尘和生物滤池除臭处理后排入大气，排放气体满足《恶臭污染排放标准》（GB14554—93）排放标准要求。

配套锅炉房蒸汽锅炉和采暖锅炉以煤为燃料，蒸汽锅炉烟气经水膜除尘器处理



后通过高烟囱排入大气,系统除尘效率为 98%,排放气体含尘浓度为  $241\text{mg}/\text{m}^3$ ,  $\text{SO}_2$  排放浓度为  $842\text{mg}/\text{m}^3$ ,符合《锅炉大气污染物排放标准》(GB13271—2001)。

热水锅炉烟气经多管旋风除尘器处理后经 20m 高烟囱排入大气,系统除尘效率为 90%,排放气体含尘浓度为  $96\text{mg}/\text{m}^3$ ,  $\text{SO}_2$  浓度为  $485\text{mg}/\text{m}^3$ ,符合《锅炉大气污染物排放标准》(GB13271—2001)。

原料系统产生的扬尘经布袋除尘器处理后通过 20m 高烟囱排放,系统除尘效率为 99%,排放气体含尘浓度为  $100\text{mg}/\text{m}^3$ ,符合《大气污染物综合排放标准》(GB16297—1996)。

## (2) 废水

生活垃圾综合处理工程生产排水主要是集料坑垃圾渗沥液、发酵和干燥产生的蒸发液以及除杂产生的浆液,还有生活污水。集料坑垃圾渗沥液、发酵和干燥产生的蒸发液以及除杂产生的浆液收集后,作为补充水补充至水力粉碎机中用于发酵,不需治理和排放。生活污水通过厂区排水管网排入厂外城市排水管网,进入城市污水处理厂进行处理,排放废水满足国家污水排入城市下水道标准。

## (3) 固体废物

本工程主要对城市生活垃圾进行综合处理,回收有价资源,可回收利用的物料(包括肥料)为  $21.9 \times 104\text{t}/\text{a}$ ,占处理垃圾总量的 75%,不可回收利用的物料为  $7.32 \times 104\text{t}/\text{a}$ ,占处理垃圾总量的 25%,不可利用物料送垃圾填埋场填埋处理,大大减少了垃圾的填埋量。另外本工程还产生一定量的粉煤灰,全部用作建筑材料或铺路。

## (4) 噪声

本工程尽可能选用低噪声设备,对噪声级较高的设备采取了隔声、消声、减震、吸声等综合控制措施,使车间内和环境噪声达到标准要求,对可能产生振动的管道,例如风机和泵出口连接管道采取柔性连接,生产区与周围环境设有绿化带隔离,经过采取噪声控制措施后,厂界噪声满足国家标准。

## (5) 绿化

为了减轻污染和美化环境,本工程设计一定的绿化面积,绿化系数均达到 20%。

## (6) 蚊蝇控制

对蚊蝇的控制贯穿于物料产生、运输及处置的全过程,以从根本上破坏蝇类的孳生繁殖环境,消除蝇类对人类的影响。主要采取以下措施:

物料的运送尽量密闭运输,减少吸引蝇类的机会。

前处理厂房内的皮带输送机安装密闭装置。

在夏、秋高温季节蝇类繁殖高峰期,特别是雨刚过及闷热阴天,蝇类较多,应增加喷药杀蝇次数。

## 4 工程投资、技术经济及可行性分析

### 4.1 工程投资

包头市生活垃圾综合处理工程设计规模为 500t/d，其内容主要包括厂房、工艺设施、电气、仪表检测、水暖、计算机及其它公辅设施，投资估算见表 4.1。包头市生活垃圾综合处理工程总投资 6636.1 万元。其中：

建筑费 1534.5 万元， 占总投资 23.12%

设备费 3211.1 万元， 占总投资 48.39%

安装费 289.2 万元， 占总投资 4.36%

其他费 850.8 万元， 占总投资 12.82%

预备费 294.3 万元， 占总投资 4.43%

建设期利息 54.9 万元， 占总投资 0.83%

流动资金 401.3 万元， 占总投资 6.05%

表 4.1 包头市生活垃圾综合处理工程总投资估算表  
 综 合 概 算 表  
 包头市城市生活垃圾综合处理概算

工程

综合概算价值: 6636.1 万元

审核:

编制:

齐剑利

序号	工程和费用名称	概 算 价 值 (万元)				合计	技术经济指标			备注 万美元
		建筑工程	设备费用	安装工程	其他费用		单位	数量	占投资 指标 %	
一	工程费									
1	生活垃圾综合处理厂									
1.1	前处理车间	310.4				310.4				
1.2	卸料大厅、集料坑	123.5				123.5				
1.3	发酵车间	155.9				155.9				
1.4	后加工车间	145.5				145.5				
1.5	机修车间	17.3				17.3				
1.6	仓库	118.8				118.8				
1.7	变电所	34.6				34.6				
1.8	生物滤池	40.3				40.3				
1.9	泵房	23.8				23.8				
1.10	锅炉房	53.5				53.5				
1.11	综合楼	80.6				80.6				
1.12	车库	15.1				15.1				
1.13	地磅房	3.2				3.2				
1.14	门卫室	0.79				0.8				

序号	工程和费用名称	概 算 价 值 (万元)					技术经济指 标			占投资 指标		备注
		建筑工程	设备费用	安装工程	其他费用	合计	单位	数量	指标	%		
1.15	车间钢平台	247.5				247.5						
1.16	工艺设备		1522.8	60.3		1583.1						
1.17	引进国外设备		936.0	46.8		982.8						
1.18	车间工艺管道			60.0		60.0						
1.19	电气设施		151.2	21.0		172.2						
1.20	仪表检测设备		27.0	3.8		30.8						
1.21	计算机系统		54	3		57						
1.22	监控系统及通讯设施		18.5	3.4		21.9						
1.23	锅炉房设施		302.4	42.0		344.4						
1.24	机修设施		45.7	1.03		46.8						
1.25	检化验设施		41.9	1.0		42.9						
1.26	给排水设施		25.9	1.92		27.8						
1.27	给排水管网			3.6		3.6						
1.28	通风设施			1.5		21.1						
1.29	道路绿化	80.25				80.3						
1.30	运输车辆		50.0			50.0						
1.31	照明设施	47.9				47.9						
1.32	采暖设施	35.6				35.6						
1.33	电力外网			20.0		20.0						
1.34	管道外网			20.0		20.0						
	小计	1534.5	3195.1	289.2		5018.8						
	工器具费: 0.5		16.0			16.0						

序号	工程和费用名称	概 算 价 值 (万元)				技术经济指标		占投资		备注
		建筑工程	设备费用	安装工程	其他费用	单位	数量	指标	%	
	合计	1534.5	3211.1	289.2						
二	工程建设其它费									
1	建设场地准备费				30					
2	建设单位管理费				56.0					
3	生产职工培训费				25					
4	办公及生活家具购置费				10					
5	联合试车费: 0.7%				22.5					
6	设计费				180					
7	勘察费: 0.5%				9.1					
8	监理费: 1.0%				18.2					
9	专有技术费				400					
10	前期费				100					
	小计				851					
	合计	1534.5	3211.1	289.24	851					
三	预备费 5%				294.3					
	合计	1534.5	3211.1	289.2	1145.1					
四	建设期贷款利息									
	流动资金									
五	工程项目总投资	1534.5	3211.1	289.2	1145.1					
					6636.1					
					401.3					

## 4.2 工程技术经济分析

### 4.2.1 主要经济技术指标分析

#### (1) 销售收入

年销售收入为 3808.32 万元，政府对生活垃圾处理工程的补贴费计入销售收入中，见表 4.2。

表 4.2 年销售收入表

序号	产品名称	数量 (t)	单价 (元/t)	合计 (万元)
1	固态肥	16279	800.0	1302.32
2	液态肥	15622	800.0	1249.76
3	废塑料	16988	150.0	254.82
4	废金属	3680	700.0	257.6
5	废玻璃	12943	120.0	155.32
6	废纸	3417	120.0	41.00
7	补贴费	182500.0	30.0	547.5
总计		3808.32 万元		

#### (2) 成本估算

生活垃圾综合处理工程成本估算见表 4.3。

表 4.3 生活垃圾综合处理成本估算表

序号	项 目	单位	单价 (元)	消耗	金额 ( $\times 10^4$ 元)
一	动力费				
1	电	$\times 10^4 \text{kWh}$	0.353	2433	858.83
2	水	$\times 10^4 \text{m}^3$	1.00	19.75	19.75
3	蒸汽	t/a	78	91250	711.75
二	工资				302.4
三	制造费用				565.75
四	销售费用				38.08
五	管理费用				118.75
	合计				2615.31

#### (3) 主要经济技术指标

主要经济技术指标见表 4.4。

表 4.4 包头市生活垃圾综合处理工程主要经济技术指标

序号	指标名称	单位	数量	备注
一	产品产量			
1	固态肥	t/a	16279	
2	液态肥	t/a	15622	
3	废塑料	t/a	16987	
4	废金属	t/a	3680	
5	废玻璃	t/a	12943	
6	废纸	t/a	3416	
二	原材料			
1	城市生活垃圾	t/a	182500	
三	能源消耗			
1	水	m <sup>3</sup> /a	197500	
2	电	kWh	2433×10 <sup>4</sup>	
3	蒸汽	t/a	91250	
4	煤	t/a	1800	
四	建筑指标			
1	项目占地	m <sup>2</sup>	65918	
2	建筑面积	m <sup>2</sup>	20928	
五	劳动定员	人	168	
六	经济指标			
1	工程总投资	万元	6636.1	
2	产品年成本及费用	万元	2615.31	第十年
3	年销售收入	万元	3808.32	第十年(不含税)
4	年销售利润	万元	1193.01	第十年
5	全部投资内部收益率	%	19.15	税前
7	投资回收期	年	6.15	税前
8	投资利润率	%	17.98	第十年
9	投资利税率	%	17.15	第十年
9	盈亏平衡点	%	50.72	第十年

#### 4.2.2 技术经济分析

通过技术经济评价计算,包头市生活垃圾综合处理工程的全部投资内部收益率为 19.15%,投资利润率为 17.98%,说明工程经济效益较好。作为环保项目,一般内部收益率 $\geq 0$ ,即为可行。从风险分析看,项目有较强的抗风险能力,只要达到 50.72%的产量就可保本,项目从财务上讲是可行的。

包头市政府对本项目非常重视,为了提高包头市城市生活垃圾的处理水平,加快生活垃圾综合处理产业化进程,包头市政府给与本项目创造了极大的优惠条件,因此是本项目具有较好的经济效益、社会效益和环境效益。

#### 4.3 工程可行性分析

包头城市市生活垃圾综合处理工程是在充分调查、了解国内外生活垃圾处理现

状的基础上,针对包头市生活垃圾特点和处理现状,决定引进具有国际先进水平的EATAD技术对包头市生活垃圾进行综合处理。该技术已在加拿大成功用于生产实践,并在包头市通过半工业试验对包头市生活垃圾处理进行了研究,取得了较好的效果,工程中同时采用的垃圾分类处理工艺和肥料制备工艺也是国内较为成熟、先进的垃圾处理技术。工程通过分类处理可回收塑料、玻璃、纸张金属等可利用物质,有机质通过生物分解处理可得到有机肥,有机肥不仅可以改善土壤结构,而且是发展绿色农业不可缺少的条件,随着国家大力提倡发展无公害农产品、绿色食品和有机食品,有机肥的市场前景非常广阔。本工程通过采用较为先进、合理的生活垃圾综合处理技术,实现了垃圾资源最大化,具有投资省,经济效益好等特点。

#### 4.4 建议

垃圾处理是一件利国利民、造福子孙后代的公益事业,应该以社会效益和环境效益为首要考虑因素。为使包头市生活垃圾综合处理工程能够顺利建设和投产运行,建议包头市有关部门尽快推行生活垃圾处理收费制度,实行生活垃圾分类收集;同时在下一阶段设计中,应对生活垃圾处理工程前处理工艺进一步强化和完善,确保前处理工序的处理效率和效果,为高效综合利用各类物质创造条件。



## 5 结论

目前我国的城市生活垃圾处理处置技术最常用的为卫生填埋和露天堆放, 占总处理量的 80%, 其次采用堆肥, 占总处理量的 19%, 少量采用焚烧技术, 约占处理量的 1%。随着经济的高速发展、城市规模的扩大、城市化进程的加速、人口高度集中、国民消费水平的提高, 我国城市生活垃圾的产生量和堆积量均在逐年增加。日益增长的城市生活垃圾污染环境、破坏生态、危害人类健康、占用和破坏大量土地, 已严重威胁到 21 世纪城市社会、经济和生态环境的可持续发展, 成为现代化城市愈来愈严重和亟待解决的问题。

本课题分析了国内外当前城市生活垃圾处理现状及发展方向, 针对包头市城市生活垃圾的特点, 通过对各类生活垃圾处理工艺的分析 and 筛选, 提出采用引进加拿大的强化自生高温好氧发酵工艺技术 (EATAD), 并配套分拣处理和制肥处理设施生产高效生物有机肥的工艺技术方, 对包头市城市生活垃圾进行综合处理。通过半工业试验对 EATAD 工艺技术处理城市生活垃圾进行了研究, 确定了相关的工艺设计参数。并根据包头市城市生活垃圾的产生情况和组成特点, 利用 EATAD 工艺技术的半工业试验成果, 结合国内成熟的垃圾分类处理和制肥处理工艺技术, 对包头市建设垃圾处理规模为 500t/d 城市生活垃圾综合处理生产线进行了工程设计, 给出了工艺设备清单, 工艺流程图、物料流程和平剖面布置图, 并进行了投资估算、成本分析和工程的可行性分析。

包头市城市生活垃圾综合处理工程采用分选、有机废弃物高温好氧发酵、废品回收利用和剩余废物回填相结合的工艺方式, 是国内较为先进的垃圾综合处理系统, 回收物料占到垃圾处理量的 75%, 达到了城市垃圾处理的“无害化、减量化、资源化”目标, 符合国家产业化政策。本课题的研究为包头市城市生活垃圾综合处理工程提供了设计依据, 为工程的建设实施创造了条件, 同时也为我国城市生活垃圾采取资源化综合处理开辟了一条新途径, 符合国家发展循环经济和可持续发展战略的要求, 具有推广意义。

## 参考文献

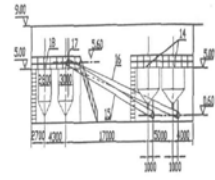
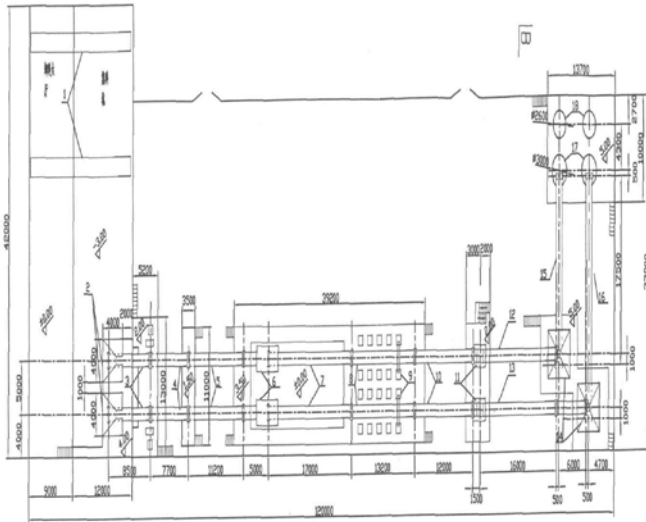
- [1] 徐文龙.卢英方.Rudolf Walder.徐海云主编.城市生活垃圾管理与处理技术[M],北京:中国建筑工业出版社,2006.2
- [2] 徐文龙.国内外城市垃圾处理技术现状与分析[J],2004.12.29
- [3] 杜吴鹏.高庆先.张恩琛.缪启龙.吴建国.中国城市生活垃圾处理及趋势分析[J],环境科学研究,2006,(6):115-120.
- [4] 张乐观.朱新锋.我国生活垃圾的处理现状及发展趋势[J],工业安全与环保,2006,(9):37-39.
- [5] 曲格平.中国城市化进程与环境保护政策[J],曲格平文库,2005.
- [6] 赵由才主编.生活垃圾资源化原理与技术[M],北京:化学工业出版社,2001.12
- [7] 林援朝主编.城市垃圾管理与处置技术标准规范应用实务全书[M],北京:光明日报出版社,2002.8
- [8] 城市生活垃圾处理技术文集[J],中冶集团包头钢铁设计研究总院,1999.11
- [9] 崔明珍主编.废弃物化学组分的毒理和处理技术[M],北京:中国环境科学出版社,1993.11
- [10] 沈东升主编.生活垃圾填埋生物处理技术[M],北京:化学工业出版社,2003.4
- [11] 李国学,张福锁编著.固体废物堆肥化与有机复混肥生产[M],北京:化学工业出版社,2000.1
- [12] 李国建,陈世和,邵立明编.城市垃圾处理与处置[M],北京:中国环境科学出版社,1992.8
- [13] 刘均科等编.塑料废弃物的回收与利用技术[M],北京:中国石化出版社,2000.5
- [14] 聂永丰主编.三废处理工程技术手册(固体废物卷)[M],北京:化学工业出版社,2000.2
- [15] [英] 米歇尔·E·亨斯脱壳编,赵华林译.城市固体废物的处置与回收[M],北京:中国环境科学出版社,1993.1
- [16] 沈耀良,王宝贞编著.废水生物处理新技术—理论与应用[M],北京:中国环境科学出版社,1999.6
- [17] 国家科委社会发展科技司,建设部科技发展司.城市垃圾处理技术推广项目[M],北京:中国建筑工业出版社,1992
- [18] 杨国清编.城市生活垃圾有机复混肥研制[M],桂林工学院,1995
- [19] 屈超蜀等编著.城市生活垃圾处理工程[M],重庆:重庆大学出版社,1994
- [20] C·B·杜金柯夫等著,柴振荣译.垃圾的处理与利用[M],北京:中国环境科学出版社,1987

- [21] 杨国清编. 固体废物处理工程[M], 北京: 科学出版社, 2000
- [22] [苏] E·Д·巴宾科夫著, 郭连起译. 论水的混凝[M], 北京: 中国建筑工业出版社
- [23] 张益, 陶华编. 垃圾处理处置技术及工程实例[M], 北京: 化学工业出版社, 2002.5
- [24] 徐强编. 污泥处理处置技术与装置[M], 北京: 化学工业出版社, 2003.7
- [25] Solid Waste and Emergency Response (5306W) .EPA 530-R-99-016 July 1999
- [26] Stover, Enos L., 2000. Some Like it hot: thermophilic treatment process in an effective alternative to mesophilic treatment for high-strength industrial waste residuals. Industrial Wastewater [J]405 (1212): pg31-34
- [27] Environmental Regulations and Technology: Autothermal Thermophilic Aerobic digestion of Municipal Wastewater Sludge. US EPA Risk Reduction Engineering Laboratory (RREL) and Center for Environmental Research Information (CER) [J]. September 1990.65pages.EPA/625/10-90/007
- [28] 孙明湖等编. 环境保护设备选用手册—固体废物处理、噪声控制及节能设备[M], 北京: 化学工业出版社, 2002.10
- [29] 核工业第二研究设计院主编. 给排水设计手册[M], 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.4
- [30] 锅炉房实用设计手册编写组. 锅炉房实用设计手册[M], 北京: 机械工业出版社, 2001.1
- [31] 周律编著. 环境工程技术经济和造价管理[M], 北京: 化学工业出版社, 2001.5
- [32] 陆耀庆主编. 供暖通风设计手册[M], 北京: 中国建筑工业出版社, 1987.12
- [33] 周仲凡等编. 城市固体废物管理与处理处置技术[M], 北京: 中国石化业出版社, 2000.1

## 致 谢

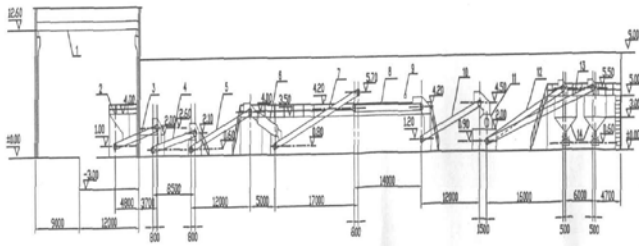
在课题的完成和论文写作的过程中，作者深深感受到每前进一步都浸润着汗水与艰辛，亦更觉“书到用时方恨少”和知识的不足。能拿出今天这样一个初步的成果，导师王志远教授、兼职导师王利平教授给了作者莫大的帮助，从选题、定题，到拿出提纲、初稿，再就是反复的修改直到最后定稿，在每一个环节上他们都精心指导，付出了大量的心血。王老师对本论文的审阅认真、细致，充分显示了严谨的治学态度和为师、为业的高尚品格。另外，在论文写作过程中，同学们、同事们也给予了无私的帮助，都让作者难以忘怀。可以说，没有诸位老师和同学们、同事们的帮助，作者就无法完成这篇论文的写作。

这里列出一个并不详尽的名单，表示深深的谢意。他们是：包头天伦环保有限公司王宗贵高工、李希贤高工；包头钢铁设计研究总院高云副院长、庞宏教高、任守国高工、胡政波高工、赵钱柱教高、刘欢高工、郝维强高工；西安建筑科技大学马耀兴老师、郭明老师；内蒙古科技大学武文斐老师、肖作义老师等。



B-B剖面

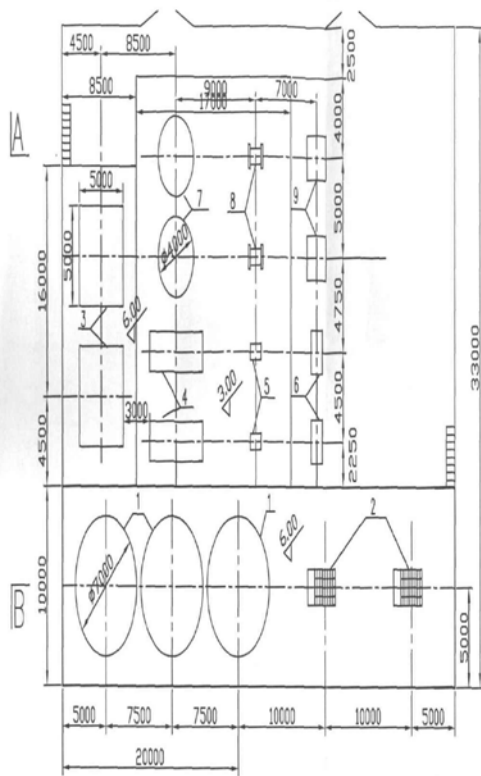
污水处理站构筑物平面布置图



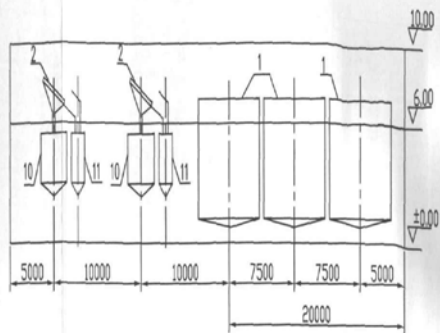
A-A剖面

18	格栅	$V=20m^3$	$\phi 2.6 \times 4$	2	+		
17	浮球池	$V=25m^3$	$\phi 3 \times 4$	2	+		
16	接触池	$B=1200L$	$=23049$	1	+		
15	接触池	$B=1200L$	$=18201$	1	+		
14	接触池	$4000 \times 4000 \times 3000$		2	+		
13	接触池	$B=1200L$	$=22966$	1	+		
12	接触池	$B=1200L$	$=16648$	1	+		
11	接触池	$Q=20L/h$		2	+		
10	接触池	$B=1200L$	$=12446$	2	+		
9	接触池			2	+		
8	接触池	$B=1200L$	$=14000$	2	+		
7	接触池	$B=1200L$	$=17692$	2	+		
6	接触池	$Q=20L/h$		2	+		
5	接触池	$B=1200L$	$=12472$	2	+		
4	接触池	$B=1200L$	$=8632$	2	+		
3	接触池	$B=1300L$	$=8632$	2	+		
2	接触池	$4000 \times 4000$		2	+		
1	接触池	$Q=5L$		2	+		

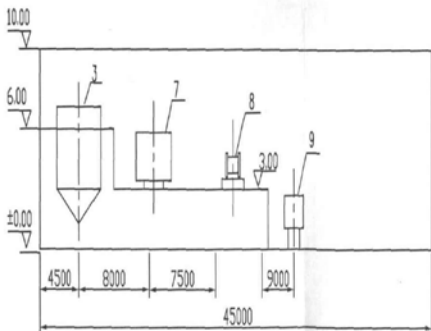
设计说明			
工程名称	污水处理站	设计日期	2008.11
设计单位	天津大学环境工程研究所	设计人	王洪
审核人	李洪	校对	王洪
比例	1:300	图号	污水处理站
备注		图例	



青島城市生活垃圾綜合處理工程后加工車間平面圖



B-B剖面圖



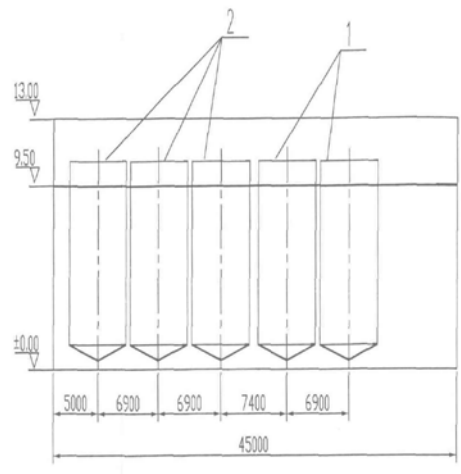
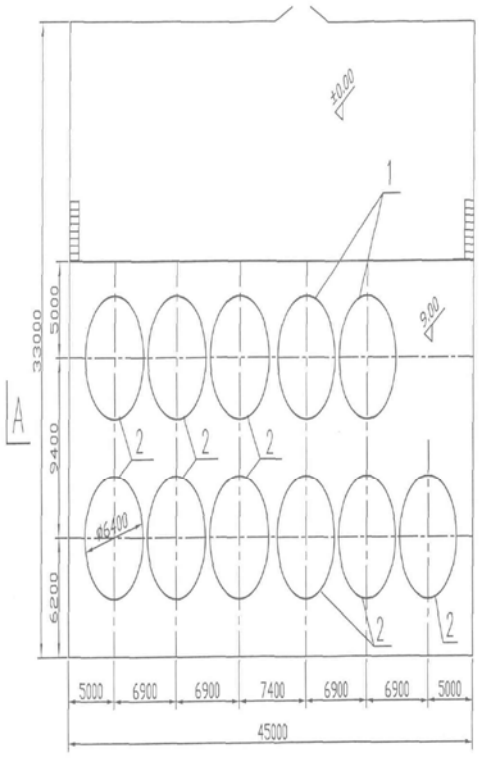
A-A剖面圖

11	總機	φ1500X2500	2	个			
10	總機	φ3000X2500	2	个			
9	螺旋機		2	套			
8	螺旋機		2	套			
7	螺旋機		2	套			
6	膜包機		2	套			
5	造粒機	Q=0.5t/h, φ800X1200	2	台			
4	干燥機	Q=10t/h, φ2000X6000	2	台			
3	圓錐分選機	5000X5000X4000	2	台			
2	機械篩	d=4mm, 3000X1800	2	台			
1	機料罐	φ7000X6000, V=230m³	3	个			

序号	设备名称	规格与型号	数量	单位	单重 重(公斤)	总重 重(公斤)	备注
----	------	-------	----	----	-------------	-------------	----

设备明细表

青島9933機料罐工程計500011号		2006年 月 日		包頭市城市生活垃圾綜合處理工程			
				后加工車間平面圖			
空	工			附圖3			
總	設						
審	核	1:300					
繪	圖	圖本		BERIS			



A-A剖面图

昆明市生活垃圾综合处理工程发酵车间平面图

2	2号发酵罐	φ6400X9500, V=300m³	9	个			
1	1号发酵罐	φ6400X9500, V=300m³	2	个			
序号	设备名称	规格与型号	数量	单位	重量		备注
					单重 (公斤)	总重	
设备明细表							
昆明1993年规划工程图号K0500011号		昆明市生活垃圾综合处理工程					
2006年 06月		发酵车间平面图					
审核	工程编号						
设计	设计日期						
审核	审核日期	1:300					
设计	版本						
				附图2			
						共 页 第 页	

昆明1993年规划工程图号K0500011号  
 昆明市生活垃圾综合处理工程  
 发酵车间平面图  
 2006年 06月  
 审核  
 工程编号  
 设计  
 设计日期  
 审核  
 审核日期  
 设计  
 版本

## 声 明

本人郑重声明我所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含本人或其他人在其它单位已申请学位或为其它用途使用过的成果。与我一同工作的同志对本研究所做的所有贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了致谢。

申请学位论文与资料若有不实之处，本人承担一切相关责任。

论文作者签名：毕青昆

日期：2007.7.28

### 关于论文使用授权的说明

本人完全了解西安建筑科技大学有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留送交论文的复印件，允许论文被查阅和借阅；学校可以公布论文的全部或部分内容，可以采用影印、缩印或者其它复制手段保存论文。

（保密的论文在论文解密后应遵守此规定）

论文作者签名：毕青昆 导师签名：王志远 日期：2007.7.28



## 包头市城市生活垃圾综合处理工程可行性研究

专    业：环境工程

硕  士  生：毕青昆

指导教师：王志远  教授

          王利平  教授

### 摘    要

目前，包头市市区每天产生生活垃圾约 1200t，全部采用卫生填埋方式进行处理，其缺点是：占地面积大，垃圾处理达不到资源化，一些可再利用的废物被填埋，有害病菌得不到及时处理，造成病菌传播，填埋场周围环境和地下水造成潜在污染。包头市生活垃圾处理现状严重影响着包头市社会、经济、生态环境的可持续发展和文明城市的形象，为此，包头市政府提出：采用综合处理方法来彻底解决包头市城市生活垃圾处理问题，使包头市生活垃圾处理达到无害化、减量化、资源化的总体目标要求。

本课题分析了国内外当前城市生活垃圾处理现状及发展方向，针对包头市城市生活垃圾的特点，通过对各类生活垃圾处理工艺的分析 and 筛选，提出采用引进加拿大的强化自生高温好氧发酵工艺技术（EATAD），并配套分拣处理和制肥处理环节生产高效生物有机肥的工艺技术，对包头市城市生活垃圾进行综合处理。通过半工业试验对 EATAD 工艺技术处理城市生活垃圾进行了验证和优化研究，确定了相关的工艺设计参数。并根据包头市城市生活垃圾的产生情况和组成特点，利用 EATAD 工艺技术的半工业试验成果，结合国内成熟的垃圾分类处理和制肥处理工艺技术，对包头市建设垃圾处理规模为 500t/d 城市生活垃圾综合处理生产线进行了工程项目的可行性研究工作，论证了综合处理生产线工艺流程的合理性，分析计算了本流程的物料平衡，按工程可行性研究的范围和深度，给出了工艺设备清单，工艺流程图、物料流程和平剖面布置图，并进行了投资估算、成本分析。

本课题的研究为包头市城市生活垃圾综合处理工程的实施提供了一个具体可行的工艺方案，为有关部门今后决策实施本项目提供了设计依据，为工程的建设实施创造了条件，同时也为我国城市生活垃圾采取资源化综合处理开辟了一条新途径，符合国家发展循环经济和可持续发展战略的要求，具有推广意义。

关键词：城市生活垃圾；综合处理；EATAD；工程设计；可行性

## **The feasibility study of municipal domestic refuse's integrated disposal project in Baotou**

**Speciality:** Engineering of environment

**Under graduated:** Bi Qing Kun

**Professor :** Wang Zhi Yuan

Wang Li Ping

### **Abstract**

Nowadays, the urban area of Baotou produces domestic refuse about 1200t/d, all the refuses are disposed with the way of sanitary landfill , but the disposal method has some defects ,for example, the floor space is very huge, the method of refuse disposal can't realize resource recycle, some wastes which can be reused are buried, the disease germ may be spread because of the harmful germ that can't be disposed in time, the surrounding environment and groundwater of dumping site may be polluted potentially. The present status of Baotou's domestic refuse disposal that has influenced seriously the city sustainable development of society, economic, ecological environment and the impression of the civilized city. So, the city government of Baotou propounds that they will adopt integrated disposal method to solve the problem of Baotou's municipal domestic refuse disposal, and Baotou's municipal domestic refuse disposal that will realize the total requirements of the innocuousness, reduction, resource recycle.

This subject analyzes the present status and development trend of domestic and international municipal domestic refuse disposal , according to the characteristic of municipal domestic refuse in Baotou and through analysing and screening all kinds of domestic refuse disposal craft, the subject puts forward a craft technical scheme to dispose Baotou's municipal domestic refuse synthetically through adopting introduced Enhanced Autogenous Thermopile Aerobic Digestion (EATAD) craft of Canada and supporting sorting disposal neck and producing fertilizer disposal neck to produce high-efficient and biological organic fertilizer . The paper has confirmed some relevant craft design parameters through a semi-industrial test to proof and optimize the EATAD craft that is used to dispose municipal domestic refuse. According to the producing situation and composition characteristic of municipal domestic refuse in Baotou., to

utilize semi-industrial test result of the EATAD craft, and to synthesize national mature refuse sorting disposal and producing fertilizer disposal craft technic, the paper has finished an engineering feasibility study of municipal domestic refuse's integrated disposal production line in Baotou ,the project scale is 500t/d, the paper proofs the process rationality of the refuse's integrated disposal production line and calculates the process material balance through analyzing, and according to the engineering feasibility study's scope and the degree of depth ,the paper provides the craft equipment list, process chart, material flow ,layout and profile chart, and completes investment estimation and cost analysis of the project.

The research of this subject will offer a detailed and feasible craft scheme for the implementation of municipal domestic refuse's integrated disposal project in the city of Baotou, the subject will offer a design reference for the related departments who decide to implement this project in the future, the subject will create some conditions for the constructing and implementing of the project, the subject will also opened up a new path for the municipal domestic refuse's resource recycle in our country, the research of this subject will meet the requirements of the nation develops recycle economy and implements sustainable development strategy, the research findings of this subject will have some promotion meanings .

**Keywords:** municipal domestic refuse; integrated disposal; EATAD; engineering design; feasibility