

• 环境卫生工程丛书 •

粪便处理与处置技术

秦 峰 柴晓利 赵爱华 等编



Chemical Industry Press



化学工业出版社
环境·能源出版中心

环境卫生工程丛书

粪便处理与处置技术

秦 峰 柴晓利 赵爱华 等编



化学工业出版社
环境·能源出版中心

· 北 京 ·

粪便是人类生存活动不可避免的产物，其处理和处置对保护环境和人民健康都有重要的意义。本书首先介绍了国内外粪便处理技术的现状和有关粪便处理的法规标准，然后具体介绍了粪便的清运、城市粪便的三种处理模式和具体的处理工艺，书中还专门介绍了畜禽粪便的处理与资源化技术，最后列举了六个粪便处理的实例供读者参考。

本书可供环境卫生管理人员、技术人员、科研人员和高等院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

粪便处理与处置技术/秦峰，柴晓利，赵爱华等编.
北京：化学工业出版社，2006.7
(环境卫生工程丛书)
ISBN 7-5025-9114-1

I. 粪… II. ①秦…②柴…③赵… III. 粪便处理
IV. X705

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 083920 号

环境卫生工程丛书

粪便处理与处置技术

秦 峰 柴晓利 赵爱华 等编

责任编辑：徐 娟 管德存

责任校对：凌亚男

封面设计：史利平

*

化学工业出版社 出版发行
环境·能源出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询：(010)64982530

(010)64918013

购书传真：(010)64982630

[http:// www. cip. com. cn](http://www.cip.com.cn)

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷有限责任公司印装

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 7¼ 字数 169 千字

2006 年 9 月第 1 版 2006 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-9114-1

定 价：24.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者，本社发行部负责退换

丛 书 序

环境卫生工程一般涉及生活垃圾和粪便的收集、运输、处理处置、综合利用以及管理等。2002 年以前我国许多城镇设立环境卫生管理局（处），主要就是负责这方面的工作。近年来，大部分环境卫生管理部门改名为市容环境卫生管理部门，把市容环境管理也纳入传统的环境卫生管理范围。

经过二十多年的努力，我国在环境卫生方面取得了明显的成效。随着城市管网逐步完善，服务区范围内的粪便就可通过污水管网进入污水处理厂处理，从而明显地改善了城市卫生面貌。然而，目前还有许多城市的污水管网很不完善，覆盖范围较小。在这种情况下，居民区大量粪便无法及时排出和有效处理，导致周围环境卫生条件很差。城镇大量使用旱厕，很容易引起许多卫生问题，影响居民的正常生活。

生活垃圾仍然是城市环境卫生管理的主要内容。生活垃圾处理与资源化正在受到政府和大众的关注，但存在的问题仍然较多。一方面是技术方面的原因，包括缺乏适合国内生活垃圾特点的处理与资源化方法，另一方面是资金投入偏低，基础设施不完善。目前，我国已经建设了 800 多座生活垃圾卫生填埋场，10 多座生活垃圾焚烧厂和若干座堆肥厂，为城市环境卫生的改善奠定了基础。

在市容环境管理方面的研究，基本是新领域，包括户外广告、户外设摊、居民晾衣架、违章建筑等，其管理难度相当大，许多管理部门和学者对此还在逐步探索之中。

围绕我国市容环境卫生管理与工程建设的国家需求，本丛书共包括《公厕设计与施工》、《粪便处理与处置技术》、《生活垃圾收集与运输》、《可持续生活垃圾处理与处置》、《环境卫生生物学与监测技术》和《市容环境管理》六本专著，基本上涵盖了市容环境卫生的绝大部分管理范畴，可作为市容环境卫生管理人员、高等学校相关专业的师生、从事市容环境卫生的企业人员、工程技术人员的工具书和参考书。

本丛书由赵由才和赵爱华担任编委会主任，编委会成员有秦峰、柴晓利、牛冬杰、王志国、祝优珍和王罗春。

赵由才

2006 年 1 月

前 言

粪便是人类生存活动不可避免的产物，随着城市的发展，人民生活水平的提高，粪便数量日益增加，所带来的污染公害，已成为城市环保的问题之一。

我国城市粪便处理系统的发展从 20 世纪 50 年代公厕卫生改造开始，通过 60~70 年代粪便收运机械化的实施得到逐步发展，80 年代水厕化普及率提高、公厕数量大幅度增加以及粪便处理设施进一步完善，至今已形成一定规模的粪便设施服务能力和初步的技术层次结构，不同程度地缓解了当时亟需解决的粪便问题，为粪便处理系统的稳步发展奠定了设施服务能力基础和技术基础。然而，我国粪便处理系统的有关设施数量仍然严重不足，总体技术水平仍然比较低。因此，如何发展有效的技术对粪便进行管理与处理，不但对保护环境有着重大的意义，而且对保证人民的健康也有着深远的意义。

同时，随着我国养殖业的发展，大量畜禽粪便直接排放成为引起农业生态环境恶化的一个主要原因，因此，如何发展畜禽粪便的无害化处理以及资源化利用技术，防止和消除畜禽养殖粪便的污染，对于保护生态环境、推动农业可持续发展和增强我国农产品市场竞争力具有十分重要的意义。

目前国外粪便的处理模式分为欧美模式、日本模式以及发展中国家模式，如何借鉴国外粪便先进处理技术，并针对我国粪便处理现状和经济发展水平，发展适合于我国的粪便处理技术具有十分重要的意义。本书各章节将分别就国内外粪便的收集、运输以及处置技术与工艺等内容进行较为详细的介绍，包括粪便的厌氧发酵、固液分离、管道输送、处理设备、中转等处理与处置技术，以促进我国粪便处理技术的发展。

本书编写人员分工如下：第一章，袁玉玉、柴晓利；第二章，施庆燕、秦峰；第三章，郭强、柴晓利；第四章，郭强、赵爱华；第五章，倪静、秦峰；第六章，倪静、赵爱华。

由于编写时间有限，书中难免存在疏漏和不妥之处，恳请广大同仁多提宝贵意见。

编 者
2006 年 5 月

目 录

第一章 总论	1
第一节 粪便处理技术现状	1
一、城市粪便处理与资源化	1
二、畜禽粪便处理与资源化	7
第二节 粪便处理的相关法规标准	8
一、城市粪便处理的相关法规标准	8
二、畜禽粪便处理的相关法规标准	9
第二章 城市粪便的清运系统	11
第一节 城市粪便清运现状	11
一、国内外城市粪便清运的现状	11
二、收集处理粪便的价值	12
第二节 城市粪便清运方式	12
一、粪便与污水分开	12
二、真空分类收运系统	13
第三节 粪便清运量的变化	16
一、粪便清运量与城市人口的相关性	16
二、粪便清运量与城市下水道普及率的相关性	17
三、粪便机械化清运率在不同类型城市间差异	17
四、粪便分散（现场）处理设施和无害化处理能力	18
五、粪便清运量及无害化处理量预测	18
第四节 客车粪便的收运	19
一、客车集便器污水的产生	19
二、客车密闭式厕所集便器的类型	20
三、集便器污水的地面接收方式	20
四、相关参数的计算	22
五、集便器污水的地面接收方式选择	24
六、客运粪便清运系统的应用	24
七、发展方向	28
第五节 畜禽粪便的收运	29
一、贮粪设施的类型	29
二、贮粪设施的选择	31
三、贮粪设施的成本和经济	31

四、贮粪设施大小的考虑	32
第三章 城市粪便的处理模式	34
第一节 欧美模式	34
第二节 日本模式	35
一、日本模式的发展	35
二、处理途径和方法	36
第三节 发展中国家模式	38
一、发展中国家的处理模式	38
二、我国的粪便处置现状	39
三、我国粪便的处置方式	41
四、我国粪便的处理方式	42
五、对我国粪便处理处置的建议	43
第四节 生态卫生厕所	44
一、生态厕所的类型与工作原理	44
二、生态厕所的建造	49
三、使用管理要点	49
四、生态厕所处理设施投资	49
五、适合城市使用的生态厕所	49
第五节 粪便处理系统模式差异分析	50
第四章 城市粪便处理工艺	52
一、粪便处理的意义	52
二、国内外处理粪便的方法	52
第一节 预处理	53
一、真空收运系统	53
二、脱臭处理	54
三、除渣稀释法	54
四、厌氧消化法	54
五、固液分离法	55
第二节 生物法	55
一、化粪池处理	55
二、厌氧发酵	56
三、好氧堆肥处理法	58
四、人工湿地的粪水处理	60
五、光合细菌处理法	60
第三节 化学法	60
一、混凝法	60

二、高温高压处理法	60
三、化学药物法	61
第四节 物理法	61
一、脱水干化	61
二、焚烧	62
三、超滤法	62
第五节 其他资源化方法	63
一、碱性生化资源化技术	63
二、粪便发电	65
第五章 畜禽粪便的处理与资源化	66
第一节 畜禽粪便的污染特性、治理目标及管理系统	66
一、畜禽粪便对环境的污染	66
二、畜禽粪便处理目标	68
三、畜禽废物管理系统	68
第二节 畜禽粪便预处理技术	69
一、畜禽粪便臭气控制技术	69
二、畜禽粪便的固液分离	71
第三节 畜禽粪便污水处理模式与技术	73
一、畜禽粪便污水处理模式	73
二、畜禽粪便污水处理与资源化技术	75
第四节 畜禽干粪处理技术	78
一、干燥法	78
二、堆肥法	80
三、化学法	83
四、生物法	83
第五节 畜禽粪便资源化技术	83
一、畜禽粪便的资源化特征	84
二、畜禽粪便的资源化技术	84
第六章 粪便处理实例	89
实例一 畜禽粪便处理设备与有机肥生产	89
一、畜禽粪便处理设备与技术	89
二、相关技术类比及发展前景	91
三、经济效益分析	91
四、结论	92
实例二 畜禽粪便快速无害化处理及其复混肥无烘干制造技术	92
一、工艺流程及原理	93
二、产品质量	93

三、经济效益计算 93

实例三 人工湿地粪水处理 94

实例四 人畜粪便污泥与废水的联合处理 95

实例五 吴江市生活垃圾、粪便及城市污水处理厂 97

实例六 昆山市畜禽粪便资源化处理 98

附录 《粪便无害化卫生标准》(GB 7959—87) 100

参考文献..... 115

第一章 总 论

随着城市非农业人口增长，粪便排出量亦随之增加。粪便的处置已逐渐成为突出的社会和环境问题。粪便是人类生活中不可避免的副产品，产量巨大（据估计，全国一年可产生 9.5 亿吨纯粪便）。然而我国市政、环卫基础设施建设严重落后于城市发展速度，尤其是老城区或中小城市，粪便中只有少部分进入污水处理厂处理，大部分在公共厕所、倒粪站和化粪池暂存后，用车转运至农村作肥料，或运至郊区填埋或经污水管道排入江河，填埋渗滤液及发酵恶臭气体对水环境和大气环境的污染日益暴露。粪便排入江河后，其中大量的有机污染物和细菌严重污染水体，致使病原菌繁殖、传播，危害人群健康，造成大气、土壤、水体的污染。由于城市扩张后郊区地价上涨，填埋场地征用困难、费用高，一些城市则将粪便任意倾倒，露天堆放。

粪便中含有大量的有机物和氮、磷、钾等营养成分，是我国传统的农业资源，粪便又含有大量的病原菌、病毒微生物和易使水体富营养化的污染物，它的产生、贮存、处理及处置过程均有可能危害环境。日益严格的排污、农用标准的制定与实施，使我国粪便的处置问题显得更加突出和重要。

粪便的处理本着“稳定化、无害化、减量化和资源化”的原则，通过稳定化消除恶臭，通过无害化杀灭虫卵及致病微生物等有害物，通过减量化使之便于运输处置，通过资源化使之得到有效的回收和利用。

第一节 粪便处理技术现状

一、城市粪便处理与资源化

1. 粪便的污染性

粪便因其恶臭、污染物浓度高、致病菌浓度高而成为城市重要污染源。表 1-1 是粪便污染物分析，图 1-1 是城市粪便流向。

表 1-1 粪便污染物分析

COD _{Cr} /(mg/L)	BOD ₅ /(mg/L)	pH 值	SS/(mg/L)	大肠杆菌值/(个/mL)	蛔虫卵/(个/mL)
$2 \times 10^4 \sim 3 \times 10^4$	$5 \times 10^3 \sim 1 \times 10^4$	7~9	$8 \times 10^3 \sim 1.5 \times 10^4$	$10^{-8} \sim 10^{-7}$	5

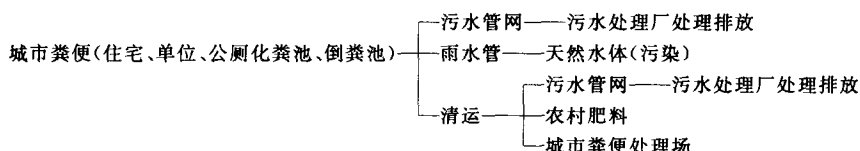


图 1-1 城市粪便流向

粪便中的有机物和氮、磷等物质若被直接排放，会造成水质污染，散发含氨、H₂S、硫醇、硫醚等恶臭成分的有害气体，同时粪便中含有的大量有机质，是繁殖滋生媒介疾病的蚊、蝇、蚤、老鼠等的有利繁殖场所。

病人的粪便中含有多种肠道致病菌、寄生虫卵和病毒。粪便中的部分病原微生物见表1-2。其中包括：引起伤寒、痢疾、急性肠胃炎等肠道传染病的病菌；引起肠道寄生虫病的多种肠道寄生蠕虫卵；引起病毒性肠胃炎、病毒性脑炎、小儿麻痹症、肝炎等病的柯萨基病毒、埃可病毒、脊髓灰质炎病毒和肝炎病毒等。发展中国家约70%的疾病与粪便的生物性传染有关。有的城镇粪满为患，已造成公害，城乡生态环境恶化，传染疾病影响了人民身体健康。如上海每天有1万多吨粪便直接排入东海，江苏启东等肝炎高发区的粪便也排入东海，给东海造成严重污染。1988年春节上海突发震惊世界的甲肝恶性流行事件，就是因为市民食入大量带有甲肝病毒的毛蚶。

表 1-2 粪便中的部分病原微生物

种 类	微 生 物
细菌	致病性大肠杆菌、沙门菌属、志贺菌属、分支杆菌属、链球菌属、芽孢杆菌属、变形杆菌属、单胞杆菌属、沙雷杆菌属、钩端螺旋体属、土拉巴杆菌、霍乱弧菌等
病毒	脊髓灰质炎病毒、柯萨基病毒、人肠道致细胞病变孤儿病毒、腺病毒、肝炎病毒、肠胃炎病毒等
其他	日本血吸虫、容组织内阿米巴、结肠小袋虫、钩虫、蛲虫、蛔虫、鞭虫、牛肉绦虫、猪肉绦虫等

绝大部分致病微生物和寄生虫卵在50~60℃条件下30min即可杀死，表1-3为《粪便无害化卫生标准》(GB 7959—87)中高温堆肥的卫生标准。

表 1-3 《粪便无害化卫生标准》中高温堆肥的卫生标准

项 目	卫 生 标 准
堆肥温度	最高温度50~55℃以上,持续5~7d
蛔虫卵死亡率	95%~100%
大肠菌值	10 ⁻¹ ~10 ⁻² 个/mL
苍蝇	有效地控制苍蝇滋生,堆肥周围没有活的蛆、蛹或新羽化的成蝇

表 1-4 不同国家农用污泥中污染物控制标准/(mg/kg 干重)

污 染 物	美 国		欧盟国家	中 国	
	最高值	建议值		pH<6.5	pH≥6.5
Cd	85	39	20~40	5	20
Hg	57	17	16~25	5	15
Pb	840	300	750~1200	300	1000
Cr	3000	1200	—	600	1000
As	75	41	—	75	75
B	—	—	—	150	150
Cu	4300	1500	1000~1750	250	500
Zn	7500	2800	2500~4000	500	1000
Ni	420	420	300~400	100	200
Se	100	36	—	—	—
Mo	75	18	—	—	—
矿物油	—	—	—	3000	3000
苯并[a]芘	—	—	—	3	3

2 粪便处理与处置技术

粪便污水中还可能混有医院和工厂排出的重金属及放射性物质等有毒有害物质，应对此加以控制和处理。不同国家农用污泥中污染物控制标准见表 1-4。

2. 粪便的处理技术

人畜粪便作为有机肥直接施用的最大障碍是含水量高、恶臭，此外， NH_3 的大量挥发造成肥力降低，病原微生物还会对环境构成威胁。粪便脱水、干燥与除臭的技术路线主要是物理的、化学的与生物的。目前国内外粪便处理的方法有多种，较为常见的有：①物理方法，如沉淀、离心、冷冻、过滤；②化学法，如药物混凝沉淀；③生物法，如厌氧发酵、好氧发酵；④高压高温法；⑤高温堆肥法，如粪便污泥自然处理法等；⑥化粪池处理。

(1) 生物法

① 厌氧发酵 厌氧发酵是复杂的生物学过程，即粪便中碳水化合物、脂肪及蛋白质等有机物，在缺氧条件及微生物作用下转化为 CO_2 和甲烷。厌氧发酵的优点是：处理的最终产物恶臭味减少，产生的甲烷可以作为能源利用；缺点是 NH_3 挥发损失多，处理池体积大，而且只能就地处理与利用。根据厌氧发酵处理过程中温度的差异，可分为：常温厌氧发酵，即低温厌氧发酵；中温厌氧发酵温度一般控制在 $36\sim 38^\circ\text{C}$ ；高温厌氧发酵温度一般控制在 $52\sim 55^\circ\text{C}$ 。

国外的厌氧发酵一般都采用中温发酵来完成，中温发酵后的粪便通过 20 倍水的稀释，然后进行曝气沉淀处理，处理后的废水加 Cl_2 或 O_3 杀菌达到无害化卫生标准后再排入河流中。工业应用的厌氧发酵一般分成经典式发酵和上流式发酵两种。经典式发酵是一种应用很普遍的方法，在国外不仅广泛应用于粪便处理，而且广泛应用于城市污水处理系统和工业废水的处理系统中。上流式发酵是近几十年发展起来的一种新型技术。由于其停留时间短，产气率高，能处理低浓度废水，设备体积小，因而受到各个领域的普遍重视。

② 好氧发酵 好氧发酵即粪便在有氧条件下，利用自然微生物将有机物转化为 CO_2 与水的过程。处理规模小时，可只做最终稀释后曝气、沉淀；中等以上规模，经过前处理和二次稀释后，可按标准活性污泥法进行处理。好氧发酵的速度较厌氧发酵快得多，处理过程与最终产物可以减少恶臭气。但其需要大容积的消化槽，为了维持处理过程有氧，需要通气与增氧设备，同时处理过程中需要消耗大量氧气，因此能量消耗较大。此外，处理过程中仍有大量的 NH_3 挥发损失。

(2) 化学法

人粪尿中含有大量有机、无机成分，混合成复杂胶体悬浮液。一方面要获得其中的干物质制成消毒有机肥，另一方面又要降低残留的废水 COD、BOD，以达到排放标准，降低污染。化学法即通过在粪便中加入适量化学药剂，使胶体和悬浮物颗粒在絮凝剂的作用下，由于电荷中和作用和桥连作用，发生絮凝作用，粪尿液中的胶质悬浮物聚集，进而沉淀分离成液体和脱水污泥的过程。脱水处理是粪便堆肥化中重要的工艺环节，该环节处理效果的好坏将直接影响后序的废水处理和粪渣处理。分离后的干物质经过调节进行高温发酵，经高温及微生物的发酵而获得良好的消毒有机肥。

化学法的最大特点是：粪便在较短的时间内完成固液分离。缺点在于：操作复杂，需要较多的机械设备，随化学药剂的种类（如铁盐、石灰等）和投入方式的不同，其设备也不

尽相同；分离出的液体 BOD_5 在 5000mg/L 左右，远高于厌氧发酵槽的脱离液 2500mg/L 。此外，其基建费及日常运行管理费用也较其他方法高。

(3) 高温高压处理法（湿式氧化法）

高温高压处理法即日本近年来开发的湿法氧化法，即在高温高压条件下，粪便中的有机物经过约 1h 连续不断地氧化分解，从而达到较好的处理效果。湿法燃烧省去了蒸干设施，反应过程中不用补充燃料，节约能源。如在 $70\sim 150\text{kg/cm}^2$ 的高压容器中，利用粪便自身的发热量可使温度升至 $170\sim 260^\circ\text{C}$ ，经充分混合的粪便和空气进行燃烧，氧化分解大部分的有机物。该方法的关键在于反应塔的设计，它的容量应由粪便的发热量、反应速度和氧化的程度来确定。但该方法采用高压容器及能量回收系统，需较高的建造和维修费用。

(4) 堆肥法

好氧堆肥是指将粪便脱水，加入除臭、发酵生物菌种和调整物料混合后，在一次发酵仓、二次发酵仓进行为期 $10\sim 30\text{d}$ 的动态、强通风发酵，产生有机粪肥。目前常用的堆肥工艺多为快速好氧堆肥。堆肥能否成功的关键是微生物菌种的有效选择，堆肥物料碳氮比的调节，水分、温度、氧气与酸碱度的适当控制。目前常用的堆肥工艺多为快速好氧堆肥。

堆肥过程中粪便中的有机物分解时产热，使材料温度上升，促进水分蒸发，杀死病原菌、寄生虫卵、杂草种子，促使粪便干燥，成为使用方便的肥料。同时，使其中对作物有害的物质分解，成为无恶臭、安全、能广泛流通利用的有机质资源。采用堆肥法处理人畜粪便的好处在于臭气较少，且较干燥，便于撒施。

(5) 化粪池处理

化粪池的功能主要是接收、贮存家庭生活污水。中小城市及农村生活污水的处理，粪便收集、处理完全管道化比较困难，小型化粪池即成为单元住宅最普遍且必须配置的设施。化粪池可分为漂浮层、淤泥层和中间清水层三个区域。清水可采用污水灌溉的方式做最终处理，用作灌溉的污水通过蒸发和渗透消化，对环境污染不大，且可降低总废物的清运量。但是随着化工产品的广泛使用，家庭生活污水的成分日趋复杂，污水中有害物质浓度也日渐增加，化粪池清水层的直接排放就成为污水灌溉区域的污染源。仅通过在化粪池内使用大量化学药物分解沉淀有害物质是不够的。近来通过对现有设备进行革新以及产品的标准化，出现许多化粪池专用设备，从而使环境污染的问题逐步得到解决。

(6) 粪便污泥焚烧处理

粪便污泥焚烧处理的基本原理是：在干燥-造粒（颗粒化）-焚烧工艺中，使用发热量较高的氧化法处理污泥。其基本流程如下。粪便污泥经高压脱水后，进入干燥机，干燥后的污泥由造粒机制成颗粒状，颗粒状物质既可作为肥料又可投入焚烧炉中进行燃烧，作为固体燃料用。干燥过程所需的热风，由焚烧炉中污泥燃烧所释放的热量提供；干燥机利用后的热风经由热交换器可再次反馈给焚烧炉，从而实现二次循环。利用后的热风经旋风除尘器除尘，气体冷却器进一步回收余热后由排风机送入排风筒。该系统的最大特点是实现了粪便污泥的高效综合利用。同时由于采用了“双闭环”式的热量循环系统，整个系统的热效率很高，在连续运转过程中，不需添加任何辅助燃料。正常运转中，即使是发热量较

低的消化污泥，需要的辅助燃料也很少。

上述粪便处理方法都各有优缺点，应针对我国当前面临的粪便污染现状，结合促进城市环境卫生技术持续发展和现实国情，选择相对投资少、易于操作、便于维护且适用范围广的适宜技术。根据国情，通过对技术有效性、技术成熟程度、技术适用范围及实用性、投资费用等一些指标的综合评价，建议重点发展以下适宜技术：混合堆肥技术、混合卫生填埋技术、高温厌氧发酵技术、化粪池技术、下水道和污水处理厂的预处理技术。下水道和污水处理厂的预处理技术比传统技术先进，并具有明显的社会效益和环境效益，目前经济能力是可以承受的，因此从长远观点看，有较大发展前途。

3. 粪便的资源性

城市可收集的粪便是一种高黏度、有机物浓度高、粒子微细、含水高的复杂浑浊体，pH 值在 7~9.4 之间，COD_{Cr} 约 26000~29000mg/L，BOD₅ 约 10000~13000mg/L，TKN 5000~8000mg/L，总固体 1.13%~3.01%，含水率 96.09%~98.89%，密度约为 1.01~1.04g/cm³。

粪便具有资源和污染物两种概念。粪便资源化利用技术有：①肥料化技术（堆肥化技术、制复合肥技术）；②饲料化技术（干燥法、青贮法、需氧发酵法）；③燃料化技术，如沼气化技术。沼气工艺在亚洲国家应用较多，我国 20 世纪 70 年代就开始进行沼气利用及工艺的研究并进行推广，技术水平较先进。

粪便作为一种资源，首先是一种较好的肥料。粪便是人体和其他动物体消化系统及泌尿系统的生理排泄物，含有丰富的有机物和氮、磷、钾成分。表 1-5 是各种新鲜粪尿肥中养分含量。

表 1-5 各种新鲜粪尿肥中养分含量

粪尿肥种类	水分/%	有机质/%	氮(以 N 计)/(mg/kg)	磷(以 P ₂ O ₅ 计)/(mg/kg)	钾(以 K ₂ O 计)/(mg/kg)
人粪	>70	20	1	0.5	0.37
人尿	>90	2	0.5	0.13	0.19
人类尿	>80	5~10	0.5~0.8	0.2~0.4	0.2~0.3
猪粪	81.5	15	0.6	0.4	0.44
猪尿	96.7	2	0.3	0.12	1
牛粪	83.3	14.5	0.32	0.25	0.16
牛尿	93.8	3.5	0.95	0.03	0.95
鸡粪尿	50.5	25.5	1.63	1.54	0.85

粪尿肥用于农业和渔业生产的经济效益是显著的，粪便中大量有机质可以增加土壤的团粒结构和透气透水性，避免因化肥使用过量引起的地力下降、土壤板结和作物品质下降的恶果。人类粪便中含有氮、磷、钾三种成分及微量元素和有机质，其中氮能促进植物茎叶的生长，其中的硝态氮可被植物直接利用，氨氮在土壤中分解氧化后也可被植物利用；磷能激发植物根部的繁殖，加速成熟和增加植物对病虫害的抵抗能力；钾能提高植物的生长活力，是发育木质枝干、果浆、构成叶绿素的主要成分，并能增加抵抗病虫害的能力。若每公顷地施 3~7.5t 粪便和 900kg 化肥，与只施 1.5t 化肥相比，稻米可增产 225kg/ha，小麦增产 450kg/ha。沼液不仅是优质肥料，还可以作为鱼虾、蚯蚓饲料，沼渣可种食用

菌等。经厌氧发酵的粪便与青饲料混合用于养鱼，鱼的生长速度可增长 1 倍，患病率和死亡率下降 50%，单位鱼产量增加 1 倍。

粪便作堆肥原料其来源是充足的。按每人每日排泄 1.5kg 粪尿计，我国 3 亿城市人口每年约产生 1.64 亿吨粪尿。粗略估计，这些粪便含 80 万吨氮、40 万吨磷和 50 万吨钾，相当于 400 万吨市售化肥的肥力，即为全国每年化肥使用量的 4%。城市粪便若能全部利用，我国每年就是不进口化肥，也可以减轻国内 100 多万吨的化肥生产的压力。长期以来我国农村严重缺肥，一方面由于我国生产和施用的化肥主要是单元素化肥，氮、磷、钾比例严重失调，加之化肥流通环节上的问题，致使目前约 80% 的耕地中磷、钾肥的施用量严重不足，地力下降，而 25% 的耕地中氮肥使用过量，使单位养分的肥效下降，引起作物减产和土壤环境恶化。另一方面我国化肥工作发展缓慢，国产化肥不能满足需要，进口化肥因外汇有限也不能解决燃眉之急。因此，大力发展粪便肥料是非常有必要的。目前，约 30% 的城市粪便用于农业生产。

粪便经过沼气化处理可作为一种较好的能源。据统计，全国城市粪便若全部经沼气化处理可产生沼气 14 亿立方米，折合标准煤 100 多万吨，可解决 300 万城市居民生活能耗。

4. 粪便处理的意义

粪便处理是城乡环境卫生工作中一个很重要的环节。对城市粪便进行处理，目的是使其达到无害化的卫生指标，处理过程中产生的沼气可作为能源加以利用，处理后的粪便可作为有机肥料利用。发达国家已基本解决粪便无害化处理，不仅做到无害化，也做到资源化、稳定化、减量化。但对于发展中国家来说，粪便的危害和处理始终是困扰各国政府的一个重大环境难题，必须下大力气加以治理。

很早以前，人们就知道粪便农用有重要意义。据历史记载，早在公元前一世纪的意大利农庄，人粪就被认为是最重要的肥料之一，粪肥已经成为一种商品。据史学人员考究，古代中国，“粪——转化为施肥的意义，最初见至于战国的古籍中，秦汉以后就很通用了”。农业化学家创始人李比希于 1840 年在《化学在农业和生理学上的应用》中，专章论述了《粪干、人粪》，且强调“从别国进口粪尿与进口谷物和牲畜有同样的意义”，“在中国，在面包和小麦的后面，任何一个商品也没有肥料商品那样扩散得如此广泛”。

具体来讲，对城市粪便进行处理有如下意义。

① 城市粪便经无害化处理达到卫生指标，可消除粪便中病原微生物的恶性循环，从而有利于控制环境污染，促进人民的身体健康和精神文明建设。我国粪便经无害化处理后，应符合国家有关部门的卫生指标，其指标主要有：蛔虫卵死亡率大于 95%；大肠杆菌值为 $10^{-4} \sim 10^{-3}$ 个/mL；不得检出血吸虫和钩虫卵。

② 发酵过程产生的沼气可作为能源燃烧，从而提供维持高温发酵所需要的热量，减少运行费用。处理后的粪渣可作为有机肥施入农田，从而增加土壤有机质含量。如荷兰政府大力资助兴建粪便处理厂，生产的有机肥料每吨约 1500 元人民币，高档花卉每千克售价 1 美元以上，出口率达 90%，如此高的价格充分显示了有机废弃资源再生利用的经济价值。

③ 对于未建终端污水处理厂的排污管网或未铺设排污管网的地区，可极大减少排污浓度与数量；对于建有污水处理系统的地区也大大减轻了处理负荷，节约了污水处理厂及污泥处理设备的建设、运行费用。

二、畜禽粪便处理与资源化

近年来,随着集约化农业的发展和家禽饲养量的增加,每年都有大量的禽畜粪便产生。然而,随着化肥产业的不断发展和人们环保意识的不断增强,畜禽粪便未经处理直接还田增加土壤肥力这一古老实践已不再为人们普遍接受,从而造成大量畜禽粪便未经处理就直接排放。畜禽粪便是农业生产中的宝贵资源,如果大量流失或弃之不用,不仅造成严重的环境污染,而且也是资源的巨大浪费。

1. 畜禽粪便的污染性

(1) 水质污染

畜禽粪便中含有大量的氮和磷,其可随雨水的冲刷进入溪流、江河或地下水,导致藻类植物大量繁殖、地下水源溶氧量减少,毒害成分增多,降低饮用水的质量。有些氮甚至可转化为酸雨而危害森林及人类健康。

(2) 空气污染

畜禽粪便产生的臭气中含有甲烷、 NH_3 、 H_2S 、 CO_2 等有害成分,进入环境可导致空气含氧量相对下降,污浊度升高,轻则降低空气质量,妨碍人畜生存健康,重则引起呼吸道系统疾病。

(3) 土壤污染

畜禽粪便直接用于农田会造成土壤污染,并且会通过污染水源及粉尘等危害养殖场及周围人群。

(4) 致病因子增多,易导致病菌传播

禽畜粪便中含有大量病原微生物和寄生虫卵,容易滋生蚊蝇,导致病原菌和寄生虫大量繁殖和污染,造成人、畜禽传染病和寄生虫病传播蔓延。

2. 畜禽粪便处理技术

目前,国内外畜禽粪便处理技术繁多,但效果不一。就畜禽干粪的处理而言,以堆肥化最为普遍,也有采用焚烧、饲料化、有机-无机肥料化等;而对粪尿混合物及畜禽养殖场冲洗水的处理,除了直接施入农田外,还有利用城镇污水处理系统、应用土地生物处理、氧化塘和水生生物处理等。

(1) 焚烧法

畜禽粪便中含有有机物质,因而可采用类似垃圾焚烧的处理技术,使其灰化从而达到减量及杀灭有害病原体的目的。但由于处理过程中会产生有害气体,且耗能多,投资大,所以不易推广。

(2) 干燥法

干燥法包括自然、机械、生物、高温快速干燥等。

① 太阳能干燥或自然干燥法 即将畜禽粪便放置在光照和通风的地方,在自然条件下达到干燥的目的。其缺点是易产生臭味, NH_3 挥发严重。可通过添加化学调理剂来防止臭味的产生。主要调理剂为天然沸石等四种无机矿物盐。

② 机械干燥法 即采用压榨机械或离心机械对畜禽粪便进行脱水,其缺点是耗能大,只能脱水不能除臭,目前仍在试验之中。

③ 生物干燥法 即利用堆肥过程中微生物发酵产生能量来降低粪便水分。可通过添加调理剂和适当通气的方法加快粪便脱水。

④ 高温快速干燥法 即利用电、石油或煤燃烧过程中产生的高温来干燥粪便，是我国畜禽粪便处理使用较广的方法之一。常用的干燥机有完全脱臭火力干燥机、微波电子干燥机、烘干机、热风旋转式干燥机，但一次性投资大，耗资大。

(3) 除臭法

畜禽粪便产生的臭味成分复杂，气味约由 121 种化合物组成，其中主要为： NH_3 、 H_2S 和胺等有害气体及甲基硫醇、二甲二硫醚甲硫醚、二甲胺及低级脂肪酸等恶臭气体，通常认为 H_2S 、 NH_3 、甲烷、 CO_2 是导致空气污染和臭味的主要原因。

畜禽粪便的除臭，可以通过添加添加剂、化学或生物法吸收、覆盖已熟化的畜禽粪便等方式进行。

3. 畜禽粪便的资源性

畜禽粪便是一种有价值的资源，其中的主要可利用成分见表 1-6。

表 1-6 畜禽粪便中主要可利用成分

种类	干物质/%	可利用氮/(kg/t)	总磷/(kg/t)	总钾/(kg/t)
肉鸡粪	60	10.0	25.0	18.0
蛋鸡粪	30	5.0	13.0	9.0
牛粪	6	0.9	1.2	3.5
猪粪	6	1.8	3.0	3.0

从表中可看出，畜禽粪便中含有丰富的氮、磷、钾，都是农作物生长所必需的营养物质，也是畜禽饲料中的主要营养成分。畜禽粪便经处理后可作为饲料，具有很高的营养价值和经济价值。施于农田则有助于改良土壤结构，提高土壤的有机质含量和农作物产量。畜禽粪便污水中的有机物浓度高，易于进行生理生化处理并产生使用价值很高的沼气。沼气工程是一个有效处理畜禽粪便的环境工程。因此畜禽粪便不是垃圾，而是放错了地方的资源。充分研究和利用畜禽粪便，不仅可减少粪便污染带来的环境危害，还能充分利用沼气资源和粪便中的养分资源，带来可观的经济效益和社会效益。

第二节 粪便处理的相关法规标准

一、城市粪便处理的相关法规标准

我国粪便无害化、资源化、减量化处理工作起步较晚，有关法律法规的制定也起步较晚。1983 年建设部提出了到 1990 年城市垃圾粪便无害化处理率要达到 40%，到 2000 年达到 70% 的发展目标，随后又提出无害化、资源化、稳定化、减量化的处理方向及粪便排放管道化（有污水处理系统为前提）的要求。

1986 年国务院环境保护委员会又颁布了《水污染防治技术政策的规定》，其内容是应编制城市排水系统规划，纳入城市环境综合治理规划和城市建设总体规划，与经济建设和城市建设同步发展；有计划地兴建城市集中污水处理厂，提倡工业废水和城市生活污水合