



固体废物处理与资源化丛书
GUTI FEIWU CHULI YU ZIYUANHUA CONGSHU

NONGYE GUTI FEIWU DE CHULI YU ZONGHE LIYONG

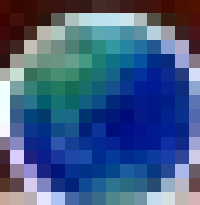
农业固体废物的 处理与综合利用

第二版

边炳鑫 赵由才 乔艳云 主编



化学工业出版社



中国环境科学出版社

农业固体废物处理与综合利用

农业固体废弃物的 处理与综合利用

第二版

2008年10月第1版 2008年10月第1次印刷





固体废物处理与资源化丛书

农业固体废物的 处理与综合利用

第二版

边炳鑫 赵由才 乔艳云 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以农村生活垃圾的收集与区域规划、农业固体废物的预处理和综合利用为主线，大量收集了新的国内外同类研究及应用资料，较为全面地介绍了有机垃圾的堆肥，沼气发酵，畜禽粪便、农作物秸秆及农用塑料和乡镇工业固体废物的综合利用。书中着重介绍了农业固体废物的综合利用方法，力求达到减少污染物排放，增加其利用效率的目的。

本书内容全面、翔实、实用，富有前沿性，实例典型生动，适合农村和农业技术人员、从事农业环境保护的科技工作者、管理人员阅读，也可作为高等学校相关专业师生的教材和参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

农业固体废物的处理与综合利用/边炳鑫, 赵由才, 乔艳云
主编. —2 版. —北京: 化学工业出版社, 2017. 7

(固体废物处理与资源化丛书)

ISBN 978-7-122-29977-2

I. ①农… II. ①边… ②赵… ③乔… III. ①农业废物-固体废物处理 IV. ①X710.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 141345 号

责任编辑: 刘 婧 刘兴春

装帧设计: 关 飞

责任校对: 王素芹

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 22½ 字数 574 千字 2018 年 5 月北京第 2 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 85.00 元

版权所有 违者必究

前言

《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十三个五年规划的建议》中提出，“坚持绿色发展，着力改善生态环境”，《全国农业可持续发展规划（2015—2030年）》提出了“治理环境污染，改善农业农村环境”的重点任务。我国现有约13.7亿人口，其中有6亿多农民居住在广大农村，农村环境保护状况将直接影响到我国环保事业的发展。农村居民生活和农业生产中产生的固体废物种类繁多，而且数量巨大。如何充分、有效地处理并利用这些废物，对于合理利用农业资源、发展农业生产、改善农村环境具有十分重要的意义。

农业生态系统中生活垃圾的来源主要是农村和乡镇居民的生活垃圾，6亿农村人口按每人每天产生0.5kg垃圾计算，全国每天约产生生活垃圾 1.07×10^6 t。生活垃圾的成分主要是厨余、废塑料、废纸、碎玻璃、碎陶瓷、废纤维、废电池及其他废弃的生活用品等，组成十分复杂。长期以来，我国农村和乡镇居民的生活垃圾的处置主要是堆积于堆放场或直接施入农田。长期露天堆放垃圾会致使垃圾腐烂发臭，灰尘、病虫卵随风传播。同时由于有机物分解和雨水淋溶，也会使某些微生物和有害化学物质渗入地下，污染地下水。未经任何处理的垃圾直接施入农田，会造成农田土壤污染和肥力下降。

截至2010年年底，全国乡镇企业已达到2742.5万个，总产值达46.47万亿元，但是随之也带来不少环境问题。乡镇工业在创造了大量物质财富的同时，也使农村环境受到严重污染，排放的污染物逐年增多。2014年，我国农膜使用量为 2.58×10^6 t，其中地膜使用量为 1.44×10^6 t。目前我国农膜产量和覆盖面积均居世界首位。农膜在自然条件下难以分解，且废弃农膜可改变土壤的性状，并影响农作物的生长发育，给农业生产带来严重的“白色污染”问题。据第一次全国污染源普查公报报道，全国地膜年残留率为19.7%。我国的各类农作物秸秆资源十分丰富，总产量超过 8.4×10^8 t，其中稻草 2.2×10^8 t、玉米秆 1.8×10^8 t、豆类和秋杂粮作物秸秆 0.4×10^8 t、花生和薯类藤蔓、甜菜叶等 0.5×10^8 t。

本书第一版自2004年10月出版以来深受广大读者的欢迎。近年来，随着农业固体废物处理领域新技术和新成果的不断涌现，以及新的政策、法规和标准的公布，书中的部分内容已经难以满足读者的需要。本次修订正是基于此背景，在保留原有体系的基础上，增加了反映农业固体废物处理领域的新技术、原理和方法，相关最新法律、法规和标准，以及农业固体废物处理与利用的相应工程应用实例。在章节内容编排上，第六章“畜禽粪便的综合利用”增加了“畜禽粪便的生态工程处理方法”。内容安排由浅入深，分量适当，注重逻辑性。修订后，本书全面、系统地阐述了农业固体废物处理及综合利用。全书共八章，包括农业固体废物的预处理，畜禽粪便、农作物秸秆、农用塑料、废物的来源、无害化处理及资源化综合利用技术，及乡镇具有中国特色的沼气发酵及综合利用技术，全面、系统地介绍了沼气发酵的基本原理，农用沼气的制取及沼气发酵产物的综合利用技术。

本书由边炳鑫、赵由才、乔艳云主编，康文泽副主编。本书编写分工如下：赵由才、金龙、乔艳云编写第一章、第二章；边炳鑫、康文泽、李凤会、张顺艳编写第三章；石磊、边炳鑫、乔艳云编写第四章；赵雪涛、边炳鑫编写第五章；兰吉武、乔艳云、边炳鑫编写第六

章、第八章；乔艳云、石磊、顾士贞编写第七章。全书最后由边炳鑫统稿。

本书在编写过程中引用了大量国内外文献，在此谨向对书中所引用文献的作者表示深深的谢意！

限于编者水平和时间，叙述中可能有疏漏和不妥之处，恳请读者不吝赐教。

编者

2017年10月

第一版前言

如何充分、合理地利用自然资源，持续、稳定地发展农业生产，同时又保护和改善农村生态环境，维护农业生态平衡，已成为当前我国农业发展、乡村建设和农村环境保护的重要问题。

我国是一个农业大国，农村居民生活和农业生产中产生的固体废物种类繁多，而且数量巨大。如何充分、有效地处理并利用这些废物，对于合理利用农业资源、发展农业生产、改善农村环境具有十分重要的意义。

农业生态系统中生活垃圾的来源主要是农村和乡镇居民的生活垃圾。生活垃圾的成分主要是厨余、废塑料、废纸、碎玻璃、碎陶瓷、废纤维、废电池及其他废弃的生活用品等，组成十分复杂。长期以来，我国农村和乡镇居民生活垃圾的处置主要是堆积于堆放场或直接施入农田。长期露天堆放垃圾，腐烂发臭，灰尘、病虫卵随风传播。同时由于有机物分解和雨水淋溶，也会使某些微生物和有害化学物质渗入地下，污染地下水。未经任何处理的垃圾直接施入农田，会造成农田土壤污染和肥力下降。

随着改革开放的深入，我国农村经济取得了前所未有的发展，以乡镇企业为主体的农村工业逐步摆脱传统的小作坊式的经营，成为国民经济重要的补充。但是，由于我国整体经济技术水平的落后和资金的短缺，乡镇企业从一开始就在低技术水平、低人员素质、相对落后的设备基础上发展、前进。因此，乡镇工业在创造了大量物质财富的同时，也使农村环境受到严重污染，排放的污染物逐年增多。1998年，全国工业固体废物的产生量为8亿吨，其中县及县以上工业固体废物产生量为6.4亿吨，占总产生量的80%；乡镇工业的固体废物产生量为1.6亿吨。工业固体废物排放量为7034万吨，其中乡镇工业固体废物排放量5212万吨，占排放总量的74.1%。乡镇工业排放的固体废物大多没有经过处理，直接排放到环境中堆放或填埋，大量侵占农田，造成农业环境的严重污染。

本书全面、系统地阐述了农业中固体废物的处理及综合利用。全书共分八章。内容涉及农村生活垃圾填埋技术，畜禽粪便、农作物秸秆、农业塑料、废弃物的来源、无害化处理及资源化综合利用技术，具有中国特色的沼气发酵及综合利用技术，沼气发酵基本原理，农用沼气的制取及沼气发酵产物的综合利用技术。

本书由边炳鑫、赵由才主编，康文泽副主编。参加本书编写的有赵由才、金龙（第一章、第二章），边炳鑫、康文泽（第三章），石磊、边炳鑫（第四章），赵雪涛、边炳鑫（第五章），兰吉武、边炳鑫（第六章、第八章），石磊、顾士贞（第七章）。全书由边炳鑫统稿。

本书理论结合实际，理论叙述深入浅出，实例典型生动。适合农村和农业技术人员、具有大专以上文化水平从事农业环境保护的科技工作者、领导干部阅读，亦可作为农业大专院校的教材和参考书。

编者

2004年10月

目 录

第一章 绪论 / 1

第一节 农村固体废物的来源和产生量	1
一、畜禽养殖废弃物	1
二、农作物秸秆	6
三、农用塑料残膜	8
四、农村生活垃圾	12
五、农村固体废物产生量总体预测	18
第二节 乡镇工业固体废物	18
一、乡镇工业企业发展状况	19
二、乡镇工业企业的环境污染排放状况	20
三、乡镇工业固体废物污染源的特点	20
四、乡镇工业固体废物污染源的有害	21
五、乡镇工业企业污染成因	22
六、乡镇工业固体废物产量估算和预测	24
七、乡镇工业企业固体废物的污染控制策略	25
第三节 生态农业与环境保护	28
一、生态农业	28
二、农村环境保护	42

第二章 农村生活垃圾的收集与区域规划 / 49

第一节 农村生活垃圾的收集与运输	49
一、农村生活垃圾的收集和运输	49
二、农村生产垃圾的收集和运输	56
三、乡镇工业固体废物的收集和运输	57
第二节 农村垃圾防治及处理的区域规划	58
一、乡镇工业固体废物防治规划	59
二、农业生活垃圾处理区域规划	63
三、村镇生态建设规划	64
第三节 农村生活垃圾处理的技术比选	67

第三章 农业固体废物的预处理 / 68

第一节 固体废物的破碎	68
一、概述	68
二、破碎设备	71
第二节 固体废物的筛分	85
一、筛分的基本原理	85
二、筛分设备	89
第三节 固体废物的分选	98
一、重力分选	99
二、磁力分选	107
三、电力分选	110
四、浮选	112
五、其他分选技术	115
六、农村垃圾分选回收流程	117

第四章 有机垃圾的堆肥 / 118

第一节 概述	118
一、堆肥化定义、堆肥作用及用途	118
二、堆肥原理	120
三、堆肥基本工序	124
四、堆肥的优势、限制及发展前景	126
第二节 可堆肥原料的选择及工艺	127
一、概述	127
二、城市垃圾	129
三、畜禽粪便	134
四、污泥	136
五、农林废物	141
六、泔脚	142
七、工业固体废物	143
八、其他有机废物	146
第三节 小型堆肥设备及其运行	147
一、堆肥设备概述	147
二、小型堆肥设备及其运行	152
三、畜禽粪便堆肥设备及运行	153
四、农林废物堆肥设备及运行	155
五、污泥堆肥设备及运行	156
第四节 有机肥及其在农业上的应用	158
一、我国农业施肥所面临的问题	158

二、有机肥概述	159
三、有机肥的农业效用	162
四、有机-无机复混肥的农业应用	165
五、有机肥的生产	169
第五节 农产品加工废物的堆肥	171
一、蔬菜废物的堆肥	171
二、秸秆堆肥	174
三、利用糠醛渣生产糠肥	175
四、沼气发酵余物的利用	175
五、食用菌菌渣生产有机肥	176

第五章 沼气发酵 / 179

第一节 沼气发酵原理	179
一、沼气与沼气发酵	179
二、沼气的物理化学性质及其特点	180
三、沼气发酵三（四）阶段理论	181
四、水解阶段	184
五、发酵酸化阶段	185
六、产氢产乙酸阶段（厌氧氧化阶段）	185
七、甲烷化阶段	186
八、微生物群落及其相互作用	187
九、沼气发酵微生物动力学	188
第二节 沼气发酵工艺	189
一、发酵原料	190
二、发酵温度	192
三、pH值和碱度	193
四、进出料方式	195
五、搅拌	197
六、营养物质	198
七、沼气池运行与管理	199
第三节 沼气发酵设备	201
一、水压式沼气池的结构与工作原理	202
二、水压式沼气池设计参数的取值	204
三、浮罩式沼气池	208
四、沼气池的主要池型	209
五、沼气池常见故障及处理	211
第四节 沼气、沼液与沼渣的综合利用	212
一、沼气的综合利用	212
二、沼液的综合利用	217
三、沼渣的综合利用	219

第六章 畜禽粪便的综合利用 / 224

第一节 畜禽粪便资源及污染现状	224
一、我国的畜禽粪便资源及污染现状	224
二、畜禽粪便中污染物质种类	225
三、畜禽粪便对环境的污染	227
四、畜禽粪便对环境污染的发展趋势	229
五、畜禽养殖环境污染控制措施	229
第二节 畜禽粪便的综合利用	231
一、饲料化技术	232
二、肥料化技术	235
三、能源化技术	240
四、除臭技术	242
五、畜禽粪便资源化技术展望	243
第三节 畜禽粪便的生态工程处理方法	243
一、生态工程基本原理	243
二、畜禽粪便资源化生态工程模式	244
第四节 畜禽粪便管理与立法	246
一、发达国家和地区畜禽粪便污染防治立法的主要内容	246
二、值得注意之处	249
三、我国畜禽粪便污染防治政策法规	250

第七章 农作物秸秆的综合利用 / 252

第一节 概述	252
一、秸秆的产生和分布	252
二、秸秆的组成和特点	253
三、秸秆焚烧的危害和对策	254
四、秸秆综合利用的现状和途径	258
第二节 秸秆还田技术	262
一、秸秆还田概述	262
二、秸秆还田技术	266
三、与秸秆还田配套的农艺技术和机具	272
第三节 秸秆饲料利用技术	274
一、秸秆饲料技术概述	274
二、作物秸秆的物理处理	275
三、作物秸秆的化学处理	279
四、作物秸秆的生物处理	286
第四节 秸秆能源技术	291
一、秸秆直接燃烧供热技术	291

二、秸秆气化集中供气技术	292
三、秸秆发酵制沼技术	297
四、秸秆压块成型炭化技术	300
五、秸秆发电技术	302
第五节 秸秆的工业应用	305
一、秸秆生产可降解的包装材料	305
二、秸秆用作建筑装饰材料	308
三、秸秆生产工业原料	309
四、秸秆用作食用菌的培养基	313
五、秸秆的其他应用	316

第八章 农用塑料和乡镇工业固体废物的综合利用 / 317

第一节 农用塑料的回收加工利用	317
一、农用塑料利用及污染现状	317
二、农用塑料污染防治途径	322
三、农用废塑料回收加工利用	324
四、农用塑料管理现状及对策	329
第二节 乡镇工业固体废物的综合利用	332
一、乡镇工业固体废物的类型及其污染	332
二、工业固体废物的综合利用	334

参考文献 / 346

第一章

绪论

农村不同于城市，是从事农业生产的农民的聚居地，严格意义来说，农村环境是与城市环境相对而言的、以农民聚居地为中心的一定范围内自然及社会条件的总和。本书中农村指村、乡、镇以及周围的渔、牧、耕种地等。

随着我国改革开放和农业科学技术的飞速发展，农业经济效益取得了可喜成就。但是长期以来，由于经济发展和各种人为因素以及自然退化，农村资源被过度开采，产生污染物被无控制地排放，使得农村社会和自然生存环境受到极大破坏，越来越不适合人群居住。如农村普遍没有生活垃圾处理设施，当经济不发达时，由于生活水平低，垃圾产生量不多，能够被环境所容纳和消化；但是随着生活水平提高和人口的迅速增长，垃圾产生量大幅度增加，超过环境消化量，且被简单堆置，散发恶臭，滋生蝇、蚊、鼠，对人类生存健康产生极大危害。因此对农村生活垃圾和乡镇企业产生的工业垃圾必须进行科学管理和治理，减少对农村生态环境的破坏和制约，使得农村经济、社会和工业协调发展。

第一节 农村固体废物的来源和产生量

我国是一个农业大国，加之地域辽阔，生产力不发达，所产生农业固体废物成分复杂，区域差异大，给其来源分析和产量预测带来了不少困难。本书在综合了不少专家论文和专著基础上，对其来源和产量进行介绍和分析。

一、畜禽养殖废弃物

自中华人民共和国成立以来，有了较大发展，特别是改革开放以来，农村副业发展迅速，特别是畜禽养殖业。畜禽养殖业由庭院式向集约化、规模化、商品化方向发展。我国肉类产量以每年10%以上的速度递增，奶类和禽蛋类递增速率也在10%以上，1986年我国的

禽蛋产量首次超过美国，1991年肉类产量首次超过美国，以后连续几年保持世界第一。1983年年末全国各种畜禽存栏数达到5.69亿头，比1949年增长2.55倍，1977年各种畜禽出栏数达到7亿多头，在世界上占据重要地位。1999年全国规模化畜禽养殖业情况是：生猪，每年出栏500头以上的约占总量的20%，共有873417个养殖场，总数达11647.95万头，年出栏500头以上的占总量的7.4%，共有19162个养殖场，总数达3848.36万头；蛋鸡，2000只以上规模的占总数的30%，有89059个养殖场，总数38871万只；肉鸡，10000只以上规模的占总数的50%，有41001个养殖场，总数138417.76万只。我国近年来畜牧业产品生产情况见表1-1，2010~2014年全国牲畜存栏情况见表1-2。

表 1-1 我国主要牲畜出栏量和畜产品产量

指标	单位	1999年	2000年	2013年	2014年
一、牲畜出栏量					
牛	万头	3766.2	3806.9	4828.2	4929.2
马	万头	136.1	146.1	149.3	154.3
驴	万头	194.3	201.7	237.8	226.6
骡	万头	59.2	65.3	47.9	47.9
骆驼	万头	6.7	6.7	7.7	8.5
猪	万头	51977.2	51862.3	71557.3	73510.4
羊	万头	18820.4	19653.4	27586.8	28741.6
家禽	亿只	74.3	82.6	119.0	115.4
兔	万只	22103.0	25878.2	50366.5	51679.1
二、肉类总产量					
猪肉	万吨	4005.6	3966.0	5493.0	5671.4
牛肉	万吨	505.4	513.1	673.2	689.2
羊肉	万吨	251.3	264.1	408.1	428.2
禽肉	万吨	1115.5	1191.1	1798.4	1750.7
兔肉	万吨	31.0	37.0	78.5	82.9
三、其他畜产品产量					
奶类	万吨	806.9	919.1	3649.5	3841.2
禽蛋	万吨	2134.7	2182.0	2876.1	2893.9

表 1-2 2010~2014年全国牲畜存栏情况

种类	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年
牛/万头	10626.4	10360.5	10343.4	10385.1	10578.0
马/万头	677.1	670.9	633.5	602.7	604.3
驴/万头	639.7	647.8	636.1	603.4	582.6
骡/万头	269.7	259.8	249.2	230.4	224.6
骆驼/万头	25.6	27.3	29.5	31.6	33.4
猪/万头	46460.0	46862.7	47592.2	47411.3	46582.7
羊/万头	28087.9	28235.8	28504.1	29036.3	30314.9

随着畜禽养殖业规模的不断扩大，畜禽数量的增多，不可避免地带来畜禽粪便产量的增多，而且附带各种伴生物和添加物。同时由于各地区差异较大，各自的畜禽产业和规模大相径庭，给各地畜禽粪便的组分、产量和预测带来了一定的困难。

1. 畜禽养殖业的地域分布

从全国畜牧业的地理分布看，我国畜牧业具有明显的农区畜牧业和牧区畜牧业。即在农区有牧区性质的畜牧业，在牧区有农业性质的畜牧业。农牧区分界线大体上东起大兴安岭北

端,循西南经阴山山脉、青藏高原东缘,沿横断山脉南下,到云南西部。该线以西为以牧为主地区,该线以东为以农为主地区,在东西两区之间有明显的过渡地带,是农牧交错存在的地区,习惯上称之为半牧区。我国畜牧业与地势有密切关系,西高东低,呈梯级分布。第一阶段为西藏自治区南部的青藏高原,平均海拔在4000m以上,称为“世界屋脊”,主要畜种为牦牛、山羊和藏绵羊等;第二阶段从青藏高原的外缘向东到大兴安岭、巫山、雪峰山连线之间的地域,包括蒙古高原、黄土高原、云贵高原等和塔里木盆地、准噶尔盆地、四川盆地等,是我国放牧畜牧业主要集中地,主要畜种为马、黄牛、绵山羊和骆驼等;第三阶梯从上述连线向东直到海岸,为低山、丘陵、平原交错地区,放牧畜牧业逐渐减少,而农区畜牧业的比例逐渐增加,以家庭饲养为主,畜种有牛、马、骡、驴、猪、鸡等;第四阶梯是指我国大陆向边缘海(黄海、东海、南海)的大陆架,是纯粹的农区,畜牧业集约化程度较高,主要畜种为猪、鸡、鸭、黄牛、水牛等。

2. 畜禽养殖特点

(1) 由家庭副业逐步发展成为一个独立行业,并日益成为农村支柱产业

2014年我国畜牧业总产值已超过2.9万亿元,占农林牧渔行业总产值的比例达28.3%。畜禽业在发展农村经济中的作用越来越为各级政府所重视,在相当一部分地方被列为支柱产业,成为农村经济的重要来源。

(2) 畜禽场由农业区、牧区转向城镇郊区

许多大城市为搞小菜篮子工程,高度重视畜禽业的发展,在交通较发达而且人口相对较少的地区或城乡结合地区建场。这样一方面极大改善了城镇居民的生活水平;另一方面由于没有充分利用养殖场产生的畜禽粪便,造成资源的极大浪费,也产生日益严重的环境污染问题。

(3) 饲养规模由分散走向集中

过去畜禽业多为分散经营,在农村中仅作为副业生产,规模小,禽粪可以及时处置,对环境污染不严重,随着畜禽业逐渐成为农村支柱产业,禽粪问题越来越严重,污染环境,影响畜禽业规模的扩大。参照《中国畜牧业统计》的数据,2008年我国各类大型规模化养殖场数量已达4755个。其中50万只以上蛋鸡场13个,年产100万只以上的肉鸡场147个,存栏量500头以上奶牛场1480个,出栏量1000头以上肉牛场614个,出栏量10000头以上生猪场2501个。

3. 畜禽养殖排放污染物组分

畜禽养殖业所排放的污染物包含粪便及其分解产物、伴生物和添加物。

(1) 粪便及其分解产物

1) 有机物 以综合有机指标体现的物质,如碳水化合物、蛋白质、有机酸、醇类等,用生化需氧量(BOD)和化学需氧量(COD)等指标表示。

2) 恶臭 以刺激性臭气体体现的物质,包含氨、硫化氢、挥发性脂肪酸、酚类、醛类、胺类、硫醇类等。

(2) 伴生物

包括病原微生物(细菌、真菌、病毒)和寄生虫卵。

(3) 添加物

包括饲料添加剂(微量营养元素、激素、抗生素)和圈舍消毒剂等。

4. 畜禽养殖排放污染物危害

(1) 污染卫生环境

许多养殖场都与不雅环境场所相联系，如粪便堆放场附近臭气熏天，污水漫流，蚊蝇滋生。

(2) 污染空气

对空气的污染主要发生在畜牧场圈舍内外、堆粪便周围的空间，这些地区粪便产生的有毒有害挥发性气体浓度大，可形成局部性空气污染。其污染物主要包括粪便有机物分解产生的恶臭、粉尘携带的病原微生物、氨等排放的气体。

1) 恶臭污染 恶臭主要来自畜禽粪便、垫料、饲料、畜禽尸体的腐败分解产生的气体。据报道，恶臭成分极其复杂，其可测成分，牛粪中有 94 种，猪粪中有 230 种，鸡粪中有 150 种。恶臭的主要成分有挥发性脂肪酸、有机酸类、醇类、酚类、醛类、酮类、酯类、胺类、硫醇类、含氮杂环化合物以及氨、硫化氢等。

影响恶臭的因素很多，主要有企业管理水平、清粪方式、粪便和污水的处理情况。同时，与厂址的选择、规划和布局、绿化、畜牧种类、圈舍设计、通风等多种因素有关。各种因素如果考虑得当，因地制宜，是可以减轻恶臭的。

恶臭的主要危害如下。a. 恶臭对人体健康有危害，使中枢神经系统的反射调节作用产生障碍，引起兴奋和抑制过程的紊乱，人会感觉烦躁不安，精神不振，思想不集中，判断能力和记忆力减退，产生厌倦感，心理状态变差，工作效率降低。b. 危害家畜。研究表明，恶臭使家畜呼吸变慢，肺活量减少，食欲不振，严重时导致呼吸困难，进而影响代谢功能，降低机体抵抗力和免疫力，发病率和死亡率提高，生产量下降。

2) 粉尘携带的细菌污染 粉尘可携带细菌并传播疾病。从 1992~1993 年的监测结果看，畜禽环境质量很差，细菌总数超标严重。如武汉某鸡场，夏季细菌总数为 22.09 万个/ m^3 ；某蛋鸡场细菌总数为 39.18 万个/ m^3 ；某猪场细菌总数为 118.93 万个/ m^3 。细菌总数普遍超标，一般超标 1300~1500 倍，重者超标 1.5 万倍。

3) 分解气体的污染 畜禽粪便堆积发酵，产生硫化氢、氨、胺、硫醇、苯酚、挥发性有机酸以及粪臭素、乙醇、乙醛等上百种有毒有害物质，造成空气中含氮量相对下降，污浊度升高，降低了空气质量。

这些气体对畜禽和人都有较大伤害，如：鸡对氨很敏感，长期在 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 的浓度中健康会受到影响，在 $75\sim 100\text{mg}/\text{m}^3$ 的浓度中精神萎靡，采食量下降，生长速率降低约 15%，产蛋率下降；幼猪饲养在 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 的氨浓度环境中，增重率约减少 12%，在 $100\sim 150\text{mg}/\text{m}^3$ 的浓度中，增重约减少 30%。同时产生的硫化氢气体毒性强，对黏膜和皮肤刺激性大，强烈刺激眼睛和呼吸道，引起肺水肿、呼吸困难、窒息甚至死亡。

4) 污染水环境 畜禽粪便污染途径如下：粪便在清理过程中，随冲洗水直接流失；畜禽粪便在贮存和堆放过程中，在室外被雨水冲刷淋失。有资料表明，畜禽粪水进入水体率达 50%，粪便的流失率也达到 5%~9%。

粪便对水体的污染还包括生物病原菌污染。其传播途径有两种方式：a. 以水，特别是饮用水直接传播，如传播伤寒、痢疾和霍乱等；b. 以水生动植物为中间宿主和媒介，通过人们生食传播疾病和寄生虫病，如食菱角。

5. 畜禽污染物排放量实例和预测

由于我国畜禽养殖业的迅速发展，其污染物排放量日益增加，使得环境承载力日益增

大, 环境压力日益严重。1999 年全国畜禽养殖污染物排放总量及环境压力情况见表 1-3。

表 1-3 1999 年全国畜禽养殖污染物排放总量及环境压力情况

地 区	畜禽污染物产生量 /10 ⁴ t		规模化养殖场产生量 /10 ⁴ t		工业污染物产生量 /10 ⁴ t		生活污 水 COD /10 ⁴ t	每公顷 ^① 耕地负荷 畜禽粪便水平/t	
	粪便量	COD	粪便量	COD	固体废物	COD		出现值	警报值
全国	190366	7117	21535.6	805.19	78441	691.74	697	14.64	0.49
北京	637.6	27.9	195.0	8.54	1161.42	3.03	13.9	18.54	0.62
天津	303.6	12.2	62.8	2.52	407.16	4.72	11.8	6.25	0.21
河北	12708	469.3	1832.7	67.67	7156.24	58.1	21.8	18.46	0.62
山西	4192.9	139.1	317.0	10.52	6242.17	29.2	17.6	9.14	0.30
内蒙古	6460.7	170.9	683.4	18.08	2510.29	11.99	12.0	7.88	0.26
辽宁	4272.4	173.7	728.3	29.60	7545.10	34.46	38.2	10.24	0.34
吉林	7191.2	268.7	666.7	24.91	1770.08	21.29	22.3	12.89	0.43
黑龙江	5509.3	205.2	896.2	33.39	2880.63	19.38	35.1	4.68	0.16
上海	587.5	28.4	233.1	11.26	1211.14	8.92	26.1	18.64	0.62
江苏	5119.4	211.3	1220.9	50.40	2906.72	29.72	37.7	10.11	0.34
浙江	1683.3	82.5	392.7	19.24	1361.48	31.81	27.5	7.92	0.26
安徽	8163.3	311.6	813.2	31.04	2973.63	18.66	27.7	13.67	0.46
福建	2267.2	104.1	425.6	19.54	1589.54	14.95	17.0	15.80	0.53
江西	5182.8	220.1	658.0	27.94	3983.56	7.94	29.7	17.31	0.58
山东	18960	667.6	2319.1	81.56	5166.06	55.00	48.4	24.66	0.82
河南	17895	639.0	1240.4	44.29	3477.02	50.46	42.8	22.06	0.74
湖北	6005.5	255.0	800.3	33.98	2510.58	33.39	37.4	12.13	0.40
湖南	8784.0	388.2	1182.4	52.25	1869.37	35.75	30.2	22.22	0.74
广东	6716.4	295.9	1357.3	59.81	1877.37	33.96	51.0	20.53	0.68
广西	9031.1	364.3	853.3	34.41	2068.24	52.18	26.1	20.49	0.68
四川	14442	591.8	1513.3	62.01	4395.82	37.80	31.3	15.75	0.53
贵州	7213.7	270.6	301.1	11.29	2925.10	8.20	17.1	14.71	0.49
云南	8589.7	325.4	462.0	17.50	3117.42	28.39	14.6	13.38	0.45
陕西	3586.3	130.4	324.4	11.80	2623.92	16.91	16.1	6.98	0.23
甘肃	4424.0	144.8	458.1	15.00	1699.34	5.83	8.3	8.80	0.29
宁夏	852.8	25.6	92.7	2.78	418.51	6.93	3.4	6.72	0.22
新疆	5755.1	142.2	884.7	21.86	702.34	13.26	9.3	14.44	0.48

① 1 公顷 = 10⁴ m²。

注: 表中数据不包括西藏、青海、重庆、海南、台湾、香港、澳门。

畜禽养殖排放的污染物主要为粪便、伴生物和添加物。其中粪便为主要污染物, 占整个排放污染物的比重较大。粪便排放量和动物种类、品种、性别、生长期、饲料甚至天气等诸多因素有关, 但一般波动不大, 可测定不同种类畜禽每天每头排放量, 进而得出整个畜禽粪便排放量。伴生物主要为病原微生物和寄生虫卵, 基本是由粪便堆放引起的, 量不多, 可以不予考虑。添加物主要来自饲料添加剂, 可以通过测定饲料添加剂的利用率而得出其产生量。

畜禽固体废物产生量可以通过下式进行估算和预测。

$$W = \sum_{i=1}^n \alpha_i X_i + \sum_{j=1}^m k_j Y_j$$