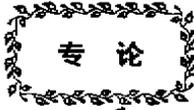


48-54

48

城市环境与城市生态 9卷1期 1996年



我国城市畜禽养殖业的水污染防治

张忠祥

(北京市环境保护科学研究院, 北京 100037)

摘要 近年来我国城市畜禽养殖业发展异常迅速, 畜禽粪尿及废水的污染负荷已超过工业废水和生活污水的总和, 成为城市新兴大污染产业。本文针对当前城市畜禽养殖业的发展概况, 污染状况与危害, 提出相应的水污染防治对策与措施(技术的、政策的和管理的)。

关键词 畜禽养殖业 厌氧发酵 生物处理 综合利用

废水处理 水污染防治

1 概述

随着我国的改革开放与城市“菜篮子工程”的规划和实施, 北京、上海、沈阳和广东等一些省市规模化畜禽养殖业近年来如雨后春笋蓬勃发展, 迄今已达到相当高的水平, 向城市居民提供了丰富的蛋、肉、奶产品, 繁荣了市场, 满足了广大人民的生活需要, 成绩斐然。表1示出了北京、台湾和日本人占有鸡蛋、鸡肉和猪肉量之比较。

表1 北京、台湾和日本人占有鸡蛋、鸡肉和猪肉之比较

(kg/c·a)

地区	鸡蛋(1990年)	鸡肉(1991年)	猪肉(1991年)
北京	24.6	4.05	20.7
台湾	12.0	18.10	27.4
日本	16.5	10.30	11.5

北京1991年蛋鸡存栏逾3000万羽, 比1985年增长了36.0%; 肉鸡存栏近400万羽, 6年间增长了271%, 肉鸡产量2950万羽, 比1985年增长390.8%; 鸭存栏200余万只, 6年间增加33.8%, 鸭产量达755万只, 增长133.5%; 猪存栏240万头, 增长53.4%, 出栏337万头, 增长61.1%。沈阳市1994年饲养猪338万头, 牛29.5万头, 羊23.5万只, 鸡及其它家禽2994万羽。上海市

养猪约400万头, 鸡5000万羽(1995年资料, 全市年饲养鸡已达1.2亿羽)。从上述数据说明我国一些城市畜禽养殖业的发展达到了相当高的水平, 蛋肉类的消费水平超过了日本和我国台湾省。1990年以后我国养鸡总数及鸡蛋产量总数占世界第一位。

现代化封闭型的规模化养殖技术促进了我国城市畜禽养殖向高产优质高效发展, 但另一方面, 也使畜禽养殖业脱离了种植业, 成为高度专业化生产, 对环境产生不良后果。畜禽排放的大量粪尿与废水, 未经妥善回收利用与处理、处置, 对环境造成严重污染, 成为与工业废水和生活污水一样的大污染源, 其污染负荷甚至超过工业废水和生活污水的总和。

对于畜禽业的污染, 国外早已认识, 如日本于60年代即提出了“畜产公害”问题。欧洲的荷兰南部、比利时、德国西部的下萨克森州、丹麦、法国的布列塔尼亚等地的畜禽业发达的地区也都为畜禽粪尿与废水造成的严重环境污染危害所困扰。

我国城市畜禽养殖业的发展起步晚, 但发展势头猛, 缺乏对畜禽养殖业污染的系统监测和调查研究的基础资料和数据, 其污染控制无论在管理上、政策上和技术上都显得滞后, 建场时未严格遵守“三同时”方针, 因

此,其污染发展迅速。如不及时提高认识,采取妥善适宜的措施控制其污染的发生与蔓延,将产生严重后果,因而当前“亡羊补牢,未为晚也”。

2 畜禽养殖业污染排放特征与参数

畜禽排泄粪尿量列于表 2。

表 2 畜禽排粪尿量(kg/只·d)

排泄物	猪		乳牛		蛋鸡	肉鸡	鸭	羊	大牲畜
粪尿	粪	尿	粪	尿	粪	粪	粪	粪	粪
排泄量	3.5	3.2	25	5	0.11	0.08	0.06	2	10

中国农科院畜牧研究所张子仪的试验资料,对猪排泄粪尿量按其公母长幼及体重大小而是不同的,如表 3 所示。表 2 与表 3 所列数据相差颇大。

根据国外资料,1 头 450kg 肉牛每年排泄氮量为 430kg。3200 头肉牛每年排放氮

1400t,相当 26 万人口当量(1 个人每年排泄氮量约 5.4kg 左右)。根据台湾资料,1990 年台湾饲养猪 847 万头,其粪尿排泄物的人口当量达 5082 万(台湾当时人口约 2000 万)。表 4 与表 5 中列举了北京及上海的畜禽粪尿排放量及污染物的资料。

表 3 不同体重猪的粪尿排放量

猪体重(kg)	粪尿排放量相当体重的百分率(%)	粪尿排放量(kg/头·d)
40~60	24±3	10~14
60~80	23±2	16~18
80~100	21±2	18~20
100~120	19±1	20~22
120~140	16±1	21~22
140~160	14±1	21~23
160~180	13±1	22~24

表 4 北京畜禽粪尿及主要污染物年排放量(1991 年)

(10⁴t/a)

项目	猪	奶牛	蛋鸡	肉鸡	鸭	羊	大牲畜	合计
粪尿	708	72.3	123.1	11.6	4.8	50.3	77.7	1047.8
BOD ₅	21.2	1.5	8.0					30.7*
N	4.35	0.67	2.0					7.02*
P ₂ O ₅	6.7	0.26	1.9					8.86*
K ₂ O	1.65	0.32	1.05					3.02*

*系非完全统计数,未计肉鸡、鸭、羊及大牲畜的排放量

表 5 上海郊区 10 县畜禽业排泄物

畜禽种类	排泄物量(10 ⁴ t/a)	所占比例(%)
猪(肉猪+母猪)	518.7	73.1
禽(鸡+鸭)	96.6	13.5
羊与兔	9.4	1.3
牛	86.2	12.1
总计	710.9	100

注:系 90 年代的调查资料(不完全)

从表 4 可以看出,北京畜禽业排出的 BOD 量(即使尚不完全)约为工业废水和生活污水的 BOD 量的 2 倍。实际资料可以证明,我国一些大城市畜禽养殖业的粪尿排污量的人口当量均超过 3000~4000 万人口。因此,可以说它已是城市中占第一位的超级排污产业。

对北京若干县区的污染调查,从表 6 可

以看出,畜牧业的 BOD 负荷是这些区县的主要污染负荷,普遍达到 61%~74%。

表 6 北京市若干区县及乡 BOD 负荷分担率(%)

调查的区、县、乡	畜牧	工业	生活
朝阳区	61.5	4.9	33.6
朝阳区金盏乡	61.3	0.6	38.1
顺义县	62.1	12.3	25.6
平谷县	74.0	0.6	25.4

若干畜禽粪尿排泄物的化学组分及其浓度列于表 7。每头猪每天排放 BOD204g(其中粪为 189gBOD,尿为 15gBOD);每头牛每天排放 BOD633g(其中粪为 613gBOD,尿为 20gBOD);每只鸡每天排放 BOD 为 7.15g。

人及畜禽排泄物中含氮量,根据国外资料,列于表 8,仅供参考。

表7 若干畜禽粪尿的化学组分与浓度

项目	猪		牛		鸡粪
	粪	尿	粪	尿	
BOD ₅ (mg/L)	63000	5000	24500	4000	65000
TSS(mg/L)	216700		120000	5000	
T-N(mg/L)	4660	7780	9430	8340	16300
P ₂ O ₅ (%)	1.68	0.15	0.44	0.004	1.54
K ₂ O(%)	0.14	0.33	0.15	1.89	0.85

表8 人及畜禽排泄物含氮量

家禽粪便	6.3%(N)	
羊粪	3.8%(N)	
猪粪	3.8%(N)	
马粪	2.3%(N)	C ₁ N=25
牛粪	1.7%(N)	C ₂ N=18
人粪尿	5.5~6.5%(N)	C ₁ N=6~10

根据北京畜禽年排放排泄物总量按表8比例进行测算,其年排放N量超过40万t。是氮污染最大污染源,其对环境的潜在危险令人担心。

3 畜禽养殖业排泄物对环境的污染危害

如表7所示,畜禽养殖业的粪尿排泄物及废水含有大量的有机物、N、P、K、SS及致病菌等,并有恶臭。如不经妥善处理排入环境,将会对地表水体、地下水、土壤和空气造成严重污染,并危及畜禽本身及人体健康。

从宏观环境而言,当前的氮沉降是构成当前环境危害的重大因素,它造成酸雨、富营养化,甚至同温层臭氧浓度的变化。各种形态的氮通过物理的、化学的及生物的反应过程而转化成各类氮化合物,造成对环境的不同危害。如今全欧NH₃排放量达6300kt/a,1992年英国(UK)NH₃排放量达391kt/a,其中畜禽养殖业占85%。由此可见,畜禽养殖业对N污染的贡献之大。它已成为世界环保的热点。从一个地区而言,由于畜禽粪便淋溶性极强,通过径流污染地表水,通过渗滤污染地下水。有机污染物消耗水中大量溶解氧而使水体变黑发臭,水中N、P等营养物促使水

体富营养化或地下水中NO₂-N及NO₃-N浓度增高,从而危及人体健康。粪尿及废水中的有害微生物、致病菌及寄生虫卵首先对养殖场的畜禽产生危害,导致育雏死亡淘汰率及育成死亡淘汰率升高,严重时造成巨灾。据有关资料“人畜共患传染病”,即指那些由共同病原体引起人类与脊椎动物之间相互传染和感染的疾病目前证实的有200种,其中较严重的有89种。养殖场的臭气污染首先也影响畜禽的生长发育。

总之,畜禽养殖场的污染是多方面的,如不妥善处理,其危害是深远的。本文在这方面不拟多加阐述,只希望从领导到公众能对该类污染有所认识,认真对待,防患于未然。

4 畜禽养殖业污染的防治对策与措施

4.1 管理控制

首先应通过加强管理来预防和控制城市畜禽养殖业的污染。

1)控制发展规模和速度 目前我国不少城市的畜禽养殖业的发展均已达相当规模,今后宜以挖掘内涵为主,发展不宜过大、过速、过密,不能完全满足于“自给自足”,应以本地生产、消费与外地定向合作生产相结合,本地自给率以超过50%为宜。

2)合理布局 严禁在城市集中饮用水源地(含一级保护区)、人口稠密区及环境敏感区建设众多的或大中型畜禽养殖场。

3)应设置隔离带和控制饲养密度

与居民区应设置隔离带,一般:小场300m~500m,大场1000m,特大场1500m~2000m。

单位面积饲养密度,国外有些国家对此较重视,可能与单位面积环境消纳粪尿排泄物的容量密切相关。表9援引了德国规定公顷土地畜禽最大允许饲养密度。

英国规定畜牧生产点畜禽饲养最高数限制指标:奶牛200头;肉牛1000头;种猪500头;肉猪3000头;绵羊1000只;蛋鸡70000只。

以上指标可供城市有关部门在规划畜禽养殖场时参考与借鉴。

表9 德国规定公顷土地畜禽最大允许饲养密度

牛 (头/ha)	成年牛	3	猪	母猪(含妊娠猪)	9
	青年牛	6	(头/ha)内猪		15
	犊牛(3月令)	9	鸡	蛋鸡	300
马 (匹/ha)	成年马	3	(只/ha)肉鸡		900
	青年马(1岁以下)	9	火鸡(只/ha)		300
羊(只/ha)		18	鸭(只/ha)		450

4) 严格执行“三同时”原则

城市畜禽养殖场应与环境保护设施(污染物的综合利用、处置与处理)同步设计、建设和投入运行。凡违背此项原则的养殖场建设项目应一律不予批准,即使建成后亦不允许投产使用。

许投产使用。

5) 加强环境调查、监测,制订相应标准

当前我国不少城市对畜禽养殖业的环境污染缺乏周详的环境调查,更缺乏充分的环境监测及定量数据,因此对其潜在危害认识不清,不能及时制订相应有效控制对策与措施。应该提出,上海市在畜禽养殖业的环境监测及污染防治方面起步早,做了大量工作,其经验及资料对全国许多城市有重要借鉴作用。

至今,国家及地方有关畜禽养殖业的排放标准仍未出台,对其污染排放控制缺乏依据。表10援引了国内外有关此类废水的排放标准,可供我国制订国家及地方标准时参考。

表10 国内外有关畜禽养殖业废水的排放标准

水质项目	我国 GB8978-88	中国台湾省	日本	德国	美国	捷克和斯洛伐克
pH 值	6.0~9.0	6.0~9.0	5.8~8.6			
BOD ₅ (mg/L)	≤60(新扩)	100(a)	≤160	≤30		
	≤80(现有)	80(b)	(日平均 120)	(奶牛场废水)		
COD _{Cr} (mg/L)		440(a)	≤400	≤170(2h)		
		250(b)	(日平均 300)	≤160(24h)	(奶牛场废水)	
SS(mg/L)		200(a)	≤200			
		150(b)	(日平均 150)			
TKN(mg/L)			≤120(日平均≤60)	≤50		
NH ₃ -N(mg/L)		20(a)				
		10(b)				
NO ₃ -N(mg/L)		100(a)				
		50(b)				
TP(mg/L)			≤16(日平均 8)			
PO ₄ ³⁻ -P(mg/L)		10(a)				
		4(b)				
粪大肠菌群数,(个/L)			≤3×10 ⁶		≤10 ⁴ (个别样)	≤8×10 ⁴
蛔虫卵(个/L)					4×10 ⁴ (鸭场)	

注:(a)指1992年标准值,(b)指1998年标准值(超前标准)。

4.2 技术控制

1) 建立养殖业与种植业紧密结合的生态工程。

如上所述,现代化封闭型规模化的养殖技术促进了城市畜禽养殖朝向高产优质高效发展,但是,由于养殖业脱离了种植业,造成了生态环境的破坏。因此,要根本上解决此问

题,一定先要把现代化规模化养殖业从“自我封闭”中解脱出来,走与种植业相结合的道路。那种单纯依靠终端治理的道路,无论在经济上、土地和技术上皆不堪承受。因此,应该运用生物技术与生物工程综合利用畜禽排泄物,使之厌氧发酵,走沼液、沼渣及沼气利用,形成畜禽养殖与农业种植和副渔业紧密

结合的物质内在循环的模式。我国江苏省海安县等在发展畜禽饲养业时,充分利用食物链的内在联系,紧紧抓住生态农业良性循环中畜牧养殖—饲料—沼气—农业种植—渔业这个系统工程,如图1所示。

除海安县示范工程外,我国的一些城市及农村在发展城郊型农牧渔综合的生态工程方面创造许多宝贵实例。表11援列了上海市闵行区若干城郊型农牧渔综合生态工程的实例,为我国城市畜禽养殖业拓开了一条符合

生态原理在短期内控制畜禽养殖业环境污染的广阔而有前景的道路。

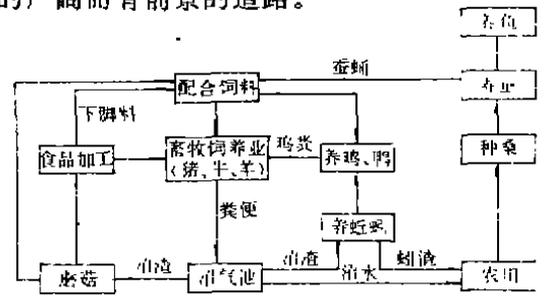


图1 畜禽养殖—饲料—沼气系统工程示意图

表11 上海闵行区若干城郊型农牧渔综合生态工程实例

序号	畜禽养殖场及使用单位	综合利用与处理的工艺流程
1	上海马桥昆阳颗粒肥料厂	鸡粪干化(自然干化或离心脱水) → 造粒 → 微波干燥(杀菌) → 颗粒肥料
2	上海闵行区畜禽养殖场	粪尿混合物 → 干粪还田 / 产沼 / 离心机脱水 → 粪尿污水(或沼液) → 人工湿地系统 / 氧化塘 / 鱼塘 / 还田
3	上海塘湾良种鸡场	鸡粪混合物 → 离心 → 鸡粪干物质 → 颗粒料 / 鱼饲料 / 鸡粪污水 → 人工湿地系统 → 排放
4	上海马桥种畜场	鸡粪混合物 → 离心脱水 → 鸡粪干物质(鱼、猪饲料、颗粒肥料) / 鸡粪污水 → 产沼 / 沼液 → 氧化塘 / 鱼塘
5	上海塘湾禽牧总厂	猪粪尿 → 产沼 → 沼液 → 人工曝气 → 氧化塘
6	上海梅陇种畜场	鸡粪 猪粪尿 → 产沼 → 沼液 → 蔬菜地肥料 / 鱼塘
7	上海杜行第二牧场	猪粪尿 → 集粪池 → 猪粪还田 / 粪水 → 厌氧池 → 氧化塘

我国一些以厌氧发酵沼气池为中心的猪鸡粪综合利用工程系统还可以图2显示的典型图。

许多实践与研究证明,猪鸡粪厌氧发酵,能使寄生虫卵灭活,减轻土壤污染与水污染。将沼渣与无机肥制成复合肥,能增加土壤有机质、TN及碱解氮、速效磷及土壤酶活性,使作物病害降低,减少农药施用量77.5%,

提高农作物产量与质量。沼液含有17种氨基酸、多种活性酶及微量元素,可作畜禽饲料添加剂。此外,沼液养鱼,能提高鱼群成活率。又鸡粪发酵的沼渣中,含有粗蛋白16%,粗脂肪2.5%,Ca12%,P3.5%。因此,发展以沼气工程为中心的猪鸡粪尿处理工程系统,可充分利用肥、能源及养营物,投入产出比可高达1:5,投资回收期一般仅3年,具有极其显著

的环境—经济—社会效益。

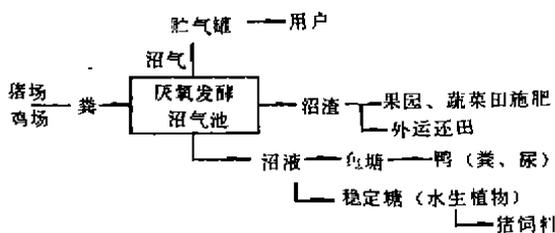


图2 以厌氧发酵沼气池为中心的猪鸡粪综合利用典型图
表12 援引了上海市一些国有农场利用沼气池处理和利用畜禽排泄物的资料。

北京曾做过测算,以万头猪场为例,总投资约100万元,年产沼气56万Hm³,又可提供肥料和饲料,经济和环境效益十分显著。以全市300万头猪计,约需投资3.0亿元。

2)改善畜禽养殖业的饮水方式和粪便收集方式,压缩排污,节省饲料,以利综合利用。

北京华都集团种禽公司最近建成鸡粪制有机复合肥大型加工厂,年加工鸡粪能力2万t,年产有机复合肥万t,投资280万元。在中科院土肥所帮助下,通过对鸡粪高温烘干灭菌及高压膨化除臭,添加N、P、K及多种元素,制成适合小麦、玉米、蔬菜、瓜果、花卉及西洋参等专用有机肥。以食粗蛋白含量高的种鸡鸡粪作肥料,肥效显著。此外,还利用雏鸡鲜粪加工制作饲料,可供鱼、猪、牛、羊饲料,年产3600t,可节约玉米700多t。若将此技术推广至全市鸡粪加工制肥料,可年产有机复合肥67万t,共需投资1.88亿元。

表12 上海市国有农场利用沼气池处理畜禽排泄物

农场	沼气池池型	池数(座)	容积(m ³)	发酵原料	发酵温度	年均产气率(m ³ /m ³ ·d)	用户(户)	占全场年节约百分数(%)	年节约标煤(t/a)	沼渣、沼液利用	累计投资(10 ⁴ 元)
跃进农场	厌氧污泥床反应器和地面厌氧消化罐	4	484	鸡粪、牛粪、猪粪	高于常温	0.6~1.3	307	20.5	250	农田利用	30.0
新海农场	地面厌氧消化罐	2	150	牛粪	近中温	0.7	100	2.3	77	农田利用	15.0
红星农场	地面厌氧消化罐	13	1110	牛粪酒精	近中温	0.8	881	52.5	674	农田利用	95.0
长征农场	地下水压式厌氧消化池	40	1160	牛、猪粪	常温	0.3	227	9.1	174	农田利用	22.0
东风农场	地面厌氧消化罐	17	1400	牛、猪粪	近中温	0.8	1384	38.4	1059	肥料饲料	100.0
长江农场	地下水压式厌氧消化池	83	4150	牛、猪粪	常温	0.3	1279	27.8	978	蔬菜、养鱼	72.0
前哨农场	地下家用型厌氧消化池	210	1764	猪粪	常温	0.15	232	19.2	180		5.0
五四农场	地面厌氧消化罐	8	1004	牛粪	近中温	0.8	484	19.4	428	食用菌、蔬菜、养鱼	129.0
总计		377	11222				4912	23.4	3820		468.0

表13 厌氧工艺处理畜禽废水的去除效果

项目	去除率(%)		
	完全混合或中温厌氧发酵	高效厌氧二步发酵	厌氧流化床生物膜反应器
COD	70~80	70~80	76~86
BOD ₅	75~85	70~80	68~75

3)对畜禽废水采用终端人工处理。对于一些城市对其相当数千万人口当量的废水采用生物清除有机物及N、P,其所需费用之巨

可想而知。但是,因地制宜地采用一些天然净化系统,如稳定塘、养鱼塘、水生生物塘及土地处理系统也是可以考虑的。从技术上看,当代的生物技术完全可以将畜禽养殖废水处理到排放标准。国内外对这方面做过许多科学研究,也有工程实例。表13与表14援引了国内外关于厌氧工艺与好氧生物工艺处理畜禽废水的资料,可供参考。

表 14 好氧生物工艺处理畜禽废水的去除效果

项目	生物转盘			生物接触氧化			序批式活性污泥法			生物稳定塘		
	进水 (mg/L)	出水 (mg/L)	去除率 (%)									
COD _{Cr}	1600	250	84.5	1300	120	91.0				660	55	91.6
BOD ₅	2390	87	94.6	2620	107	95.9	2880	18.7	>99	660	55	91.6

参考文献

- 1 农业部环保能源司、中国沼气协会. 中国沼气十年 1980~1990, 中国科技出版社, 1990
- 2 刘丽珊. 中国沼气卫生与环保. 南京大学出版社, 1990
- 3 李俊德、陈昌佑. 厌氧流化床法处理养猪废水之研究. 中国环境工程学报, 1995, 5: 45~64
- 4 周庆江. "城郊型农副业综合经营生态区"探讨. 上海环境科学, 1995, 14(2): 7~9
- 5 国家环保局编. 中国的生态农业. 中国环境科学出版社, 1991

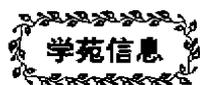
WATER POLLUTION PREVENTION AND CONTROL OF LIVESTOCK HUSBANDRY IN CITIES OF CHINA

Zhang Zhongxiang

(Beijing Institute of Environmental Science, Beijing 100037)

Abstract In recent years, the livestock, husbandry in cities of China are rapidly developed. The pollution load of excrement and urine of livestock husbandry exceeded the total amount of the pollution load of industrial and domestic wastewaters and become the largest pollution source of cities in China. The development, the pollution and harmful condition of livestock husbandry of cities in China have been introduced, and the alternatives and countermeasures (management, policies and techniques) for water pollution prevention as well as controls have been proposed in this paper.

Key words livestock husbandry anaerobic digestion biological treatment comprehensive utilization



中国国防科技信息网站联合会船舶分会环保网交流会在洛阳召开

由中国船舶工业总公司主持的中国国防科技信息网站联合会船舶分会环保专业网和电镀技术网合并组建新网成立大会暨技术交流会于 1995 年 11 月 30 日至 12 月 4 日在洛阳 407 厂召开。参加会议的有来自中国船舶工业总公司系统和海军系统的各国防工业厂家、科研设计单位、大专院校等 64 个单位、82 名代表,会上交流论文 22 篇,侧重于清洁生产典型经验剖析和清洁生产集成技术交流;环保与电镀新技术、新产品成果交流;环保管理技术交流以及粉尘、废水、废油、固体废弃物、噪声与振动综合治理经验交流。会上传达了中国船舶工业总公司环保工作座谈会精神,布置了 1996 年环保工作打算。会议内容丰富,重点突出,对推进船舶总公司和海军系统的清洁文明生产以及环境保护,将起很大的作用。 (吕玉恒)