

养殖场粪污“三分离一净化”综合处理技术集成研究

王子臣^{1,2}, 吴昊², 管永祥^{2*}, 梁永红², 刘赞^{2,3}

(1.江苏省农业科学院循环农业研究中心, 江苏 南京 210014; 2.江苏省农业环境监测与保护站, 江苏 南京 210036; 3.江苏省农业科技实业总公司, 江苏 南京 210014)

摘要:通过对现有的比较成熟的雨污分流工艺、干清粪工艺、挤压脱水工艺以及废水深度净化处理等工艺技术集成,设计养殖场粪污“三分离一净化”综合处理工程模式,并选择养殖场实施示范工程建设。实践表明,本研究在解决规模畜禽养殖场粪污综合处理与利用方面成效显著,养殖污水COD和氨氮去除率均达96%以上,且运行可靠、管理方便,适宜有条件的地区推广运行。

关键词:三分离一净化;养殖场;雨污分流;干湿分离;固液分离;生态净化

中图分类号:X713

文献标志码:A

文章编号:1005-4944(2013)05-0063-05

Integrated Technology of "Three Separations and One Purification" Treatment on Livestock and Poultry Farm Fecal Sewage

WANG Zi-chen^{1,2}, WU Hao², GUAN Yong-xiang^{2*}, LIANG Yong-hong², LIU Yun^{2,3}

(1.Circular Agricultural Research Centers, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China; 2.Jiangsu Station of Agro-Ecological Monitoring and Protection, Nanjing 210036, China; 3.Jiangsu Agricultural Scientific Industry Company, Nanjing 210014, China)

Abstract: Integrated treatment technology on livestock and poultry farm fecal sewage was studied with the existing mature rain sewage diversion process, drying nightsoil process, squeezing dewatering process and wastewater deep purification. Engineering model was designed and demonstration project was constructed. The practice indicated that it achieved remarkable results on comprehensive treatment and utilization of scale livestock and poultry farm waste, with the removal rate of COD and ammonia nitrogen over 96%, worth of expansion in suitable area with reliable operation and convenient management.

Keywords: three separations and one purification; livestock and poultry farm; rain and sewage diversion; dry and wet separation; liquid and solid separation; eco-purification

近年来,随着人民生活水平的不断提高,对畜禽产品的需求不断增加,在党和政府一系列鼓励扶持政策推动下,畜禽养殖业发展迅猛,规模化畜禽养殖逐步取代传统分散养殖成为畜禽养殖业发展的主要支撑。畜禽养殖业的发展在满足城乡居民对肉食品需要的同时,也造成粪尿过度集中,冲洗水大量增加。废水中含有大量污染物质,且污染负荷较高,如处理不当,

势必会对环境、饮用水源、农业生态产生直接威胁和危害^[1-4]。2010年第一次全国污染源普查公报显示,农业源污染物排放对水环境的影响已超过工业源,农业源污染中比较突出的属畜禽养殖业污染,畜禽养殖业的化学需氧量、总氮和总磷分别占农业源的96%、38%和56%^[5],畜禽养殖污染治理已引起各级政府的高度重视和社会的广泛关注。目前,国内关于畜禽养殖废水处理方面的研究报道以好氧、厌氧以及好氧+厌氧工艺为主,且报道中显示的处理效果普遍较好^[6-13],但在大面积推广应用时,却因种种原因未能实现其预定目标。因此,本研究围绕规模畜禽场粪污综合处理问题,通过技术工艺集成,制定一套易于推广的优化处理方法和循环利用新模式,并选择规模化养殖场进

收稿日期:2013-05-13

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金项目(CX(12)3071);国家科技支撑计划项目(2012BAD14B12)

作者简介:王子臣(1986—),男,安徽亳州人,硕士,主要从事农业生态和水环境治理研究。E-mail: wzc20101@sina.com

*通信作者:管永祥 E-mail: gyx5598@126.com

行技术集成与示范,以期为畜禽养殖污染治理,削减 COD、氨氮、总磷排放量等提供技术参考。

1 研究背景

近年来,随着社会发展和科技进步,江苏畜禽养殖业也发生着深刻变化,畜禽养殖业粪污综合利用问题不容忽视。

1.1 江苏畜禽养殖业发展情况

2012 年江苏省农村统计年鉴显示^[14],2011 年全省生猪存栏 1 745.5 万头,生猪出栏 2 878.2 万头,同比增长 1.1%;年末牛存栏 34.1 万头,出栏 19.4 万头,同比增长 3.5%;羊的饲养量略有降低,年末存栏 415.6 万只,出栏 663.7 万只;全省家禽存栏 3.47 亿只,出栏 8.41 亿只,增长 4.6%。2011 年全省肉类产量 226.76 万 t,禽蛋产量 194.86 万 t,牛奶产量 59.17 万 t,畜牧业产值为 1 190.50 亿元,占农林牧渔业总产值的 22.7%,畜牧业增加值为 267.25 亿元,占农林牧渔增加值的 28.4%。

1.2 江苏畜禽养殖业发展特征

江苏规模养殖形式主要包括大中型规模养殖、专业大户、养殖小区、专业合作组织及加工企业自建养殖基地等。从规模养殖发展特点看,一是规模畜禽养殖企业总量增加,规模养殖比重逐年提高,散养户明显下降;二是大中型规模养殖比重较低,仍以中小规模发展为主;三是农牧脱节现象比较突出。据畜牧局统计数据显示^[15],2009 年江苏省一般规模以上畜禽养殖场有 13 万个,2010 年一般规模以上畜禽养殖场达 16 万个,其中生猪、蛋禽、肉禽、奶牛规模养殖企业(场、专业大户)分别为 84 939、42 642、35 450、1 031 个,见表 1。

1.3 江苏畜禽养殖粪污综合处理要求

畜禽养殖场排放的粪、尿中含丰富的氮、磷。据统

计,江苏省牛、猪和禽类的氮排放当量分别为 60.03 $\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}\cdot\text{头}^{-1}$ 、4.43 $\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}\cdot\text{头}^{-1}$ 和 0.43 $\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}\cdot\text{羽}^{-1}$,磷的排放当量为 13.35 $\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}\cdot\text{头}^{-1}$ 、2.25 $\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}\cdot\text{头}^{-1}$ 、0.16 $\text{kg}\cdot\text{a}^{-1}\cdot\text{羽}^{-1}$ 。实际养殖中,许多畜禽养殖废水混合着粪便被直接排放于环境中。2008 年,江苏便启动了畜禽养殖污染治理。2009 年,江苏省政府印发了《省政府关于转变农业发展方式加快建设现代农业的意见》,意见明确提出,按照“减量化、再利用、资源化”要求,积极推广生态健康养殖技术和农牧结合技术。到 2015 年,全省规模畜禽场粪便无害化处理和资源化利用率要达到 85%。目前,国内雨污分流工艺^[6]、挤压脱水工艺^[17-18]、废水深度处理工艺^[6-13]等已较为成熟,但在畜禽养殖粪污处理方面缺少有效的组装及易于成功推广应用的案例。因此急需研发和推广投资小、运行费用低、见效快的,适合江苏实际的新型畜禽养殖粪污综合处理技术,实现畜禽场养殖粪污的“减量化、无害化、资源化、生态化”综合治理,保护和改善生态环境。

2 模式设计与分析

2.1 模式设计

本研究在分析前人关于养殖废水处理组合设计基础上^[4,7,11-13],充分结合江苏实际情况,提出畜禽养殖粪污“三分离一净化”综合处理模式,通过在养殖场集成并优化雨污分流、干清粪、挤压脱水、深度净化等工艺技术,最终实现养殖场粪污综合处理及资源化循环利用。工艺流程图见图 1。

2.2 技术分析

2.2.1 雨污分离

指采用雨污分流工艺,在养殖场外部铺设雨水沟渠(或管道)和污水管道,实现养殖场雨水和污水分流,减少污水总量,便于针对性地处理养殖废水。应用

表 1 2010 年全省畜牧规模养殖场(户)及养殖量

统计口径	生猪			肉禽			蛋禽			奶牛		
	规模场/户	出栏量/万头	规模比重/%	规模场/户	出栏量/万只	规模比重/%	规模场/户	存栏量/万只	规模比重/%	规模场/户	存栏量/头	规模比重/%
一般规模	77 145	1 324.7	35	2 2045	23 960.2	19	17 175	2 446.4	12	739	27 520	14
中等规模	6 776	634.7	17	9 595	31 252.7	25	22 811	9 904.1	49	140	25 737	13
大型规模	1 018	580.4	16	3 810	59 450.2	48	2 656	5 968.7	29	152	137 005	67
合计	84 939	2 539.8	68	35 450	114 663.1	92	42 642	18 319.2	90	1 031	190 262	94

注:①一般规模统计口径为:生猪出栏 50~499 头、肉禽出栏 2 000~19 999 只、蛋禽存栏 500~1 999 只、奶牛存栏 20~99 头;②中等规模统计口径为:生猪出栏 500~1 999 头、肉禽出栏 20 000~49 999 只、蛋禽存栏 2 000~9 999 只、奶牛存栏 100~299 头;③大型规模统计口径为:生猪出栏大于 2 000 头、肉禽出栏大于 50 000 只、蛋禽存栏大于 10 000 只、奶牛存栏大于 300 头。

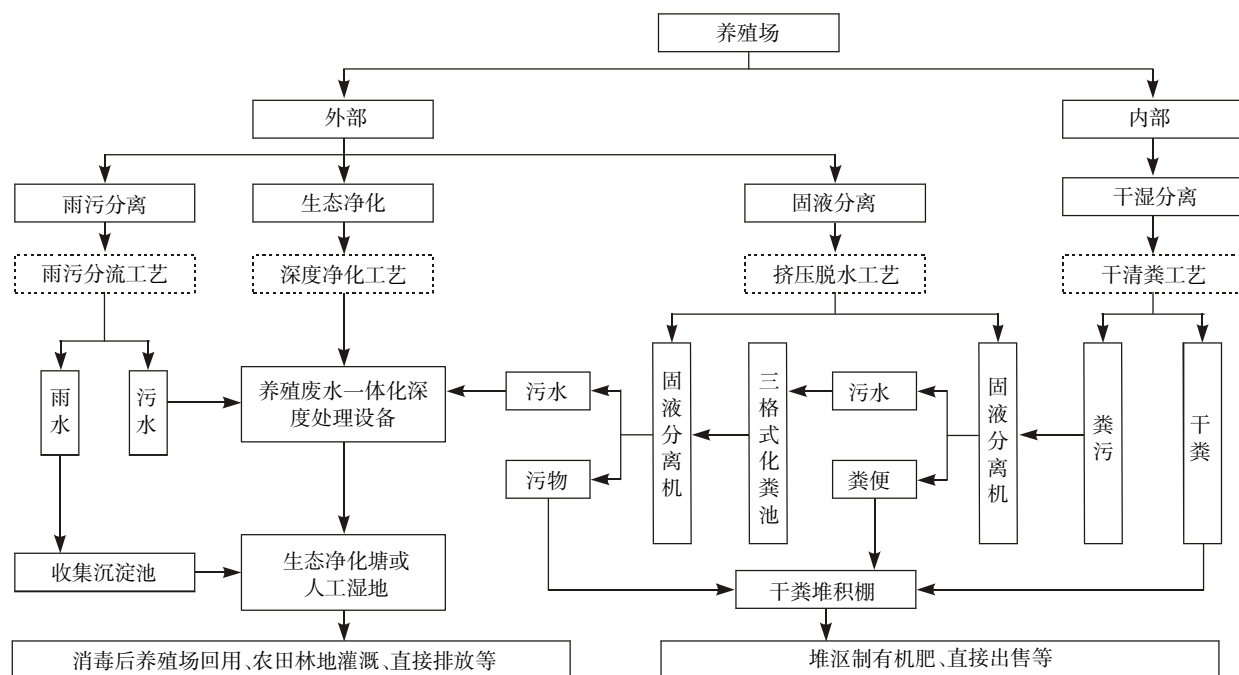


图 1 养殖场粪污“三分离一净化”综合处理技术工艺图

于城市、住宅小区以及垃圾填埋场库区的雨污分流工艺已相当成熟,冯沧等^[16]对上海市旧住宅小区雨污分流改造结果显示,改造区的雨污混接率降低了 60%,有效减少污水总量。文昊深等^[19]通过对成都市固废处置场一期库区雨污分流系统工程设计,项目实施后,渗滤液年均日产生量减少 465 m³·d⁻¹,年均日输送量减少到 1 085 m³·d⁻¹,渗滤液输送的年均日运行综合费用减少到 6.75 元·m⁻³,每年减少 764 万元。目前实施雨污分流工艺也已逐渐成为畜禽养殖场新建和改建的必备条件之一。

2.2.2 干湿分离

指在养殖场内部采取干清粪工艺,通过配置机械刮板机清理或人工清理,实现粪便与尿液、冲圈水等养殖废水的分离。张克强等^[2]、徐谦等^[20]研究表明规模畜禽场采用干清粪工艺可大幅度降低单位废水产生系数和废水中污染物浓度(表 2)。侯亚辉等^[17]研究显示采用干清粪工艺污水中 COD 浓度值比水冲粪工艺低一个数量级,氨氮、总磷等指标也相对较小。董洪梅

等^[1]认为干清粪工艺产生的污水量少,且其中的污染物含量低,易于净化处理。因此,本设计采用干清粪工艺,清理的干粪便存储于干粪堆积棚内,便于加工有机肥或直接出售。

2.2.3 固液分离

指在养殖场外部,利用高效固液分离设备^[18,21]对储粪池中的养殖粪污进行挤压脱水处理,固体粪便运输至干粪堆积棚,液体部分经三格式化粪池沉淀、厌氧、好氧后,再次利用高效固液分离设备进行挤压脱水处理,进一步减少污水中粪便含量,以减轻后续处理压力。

2.2.4 生态净化

指养殖场根据养殖种类、养殖规模、养殖粪污实际产生量等情况置建养殖废水一体化深度处理设备和生态净化塘(或人工湿地),养殖废水经深度处理后排入生态净化塘,通过在生态净化塘周边种植湿生树种、塘内配置水生植物,充分净化养殖废水。王海芹等^[8]研究显示养殖废水一体化深度处理设备可有效去除

表 2 干清粪与水冲粪工艺比较^[2,20]

种类	清粪方式	单位废水产生系数/kg·头 ⁻¹ ·d ⁻¹	废水中污染物浓度			
			COD/mg·L ⁻¹	氨氮/mg·L ⁻¹	总氮/mg·L ⁻¹	总磷/mg·L ⁻¹
猪	水冲粪	18	1.56×10 ³ ~4.68×10 ⁴	127~1.78×10 ³	141~1.97×10 ³	32.1~293
	干清粪	7.5	2.51×10 ³ ~2.77×10 ³	234~288	317~423	34.7~52.4

干清粪工艺后的污水中 COD、氨氮及总磷含量,去除率达 95%以上。诸多研究表明利用生态净化塘或人工湿地处理养殖废水的效果较好^[7,9,11-12]。

3 结果与讨论

在太湖流域结合省级太湖水环境治理(农业类)专项资金,选择规模畜禽养殖场进行了工程示范研究,根据养殖场实际粪污产生量置建相应规模的示范工程,示范工程总投资在 180 万~240 万元之间,其中省级补助资金占总投资的 33.3%。2012 年在太湖流域示范建设 27 处,示范结果表明,雨污分离工艺可实现养殖场雨水和污水分离,雨水经雨水沟渠流入雨水收集池,养殖尿液及冲洗废水经污水管道排入污水处理系统,工程实施后,有效减少了养殖场污水产生量。采用干清粪工艺实现养殖粪便与尿液、污水分离。在猪场示范显示,粪便收集率达到 98%以上,与水冲粪工艺比较,可减少水量约 32.8%,污水中 COD、总氮、总磷分别降低 2.5%、24.5%、12.7%。在奶牛场示范显示,收集的粪便含水量较常规工艺降低 8.0%,污水中 COD、氨氮分别降低了 140%和 39.1%。潘碌亭等^[22]认为初始养殖废水中 COD 含量高达 5 000~20 000 mg·L⁻¹,经预处理后在 5 000~6 000 mg·L⁻¹ 左右,本研究养殖污水经污水管道、集粪池、固液分离机、三格式化粪池等预处理环节可有效降低 COD 含量。经测定,在三格式化粪池处理后的污水中 COD 含量已降至 1 000 mg·L⁻¹ 以下,再经后续废水深度处理一体机和生态塘净化处理,COD、氨氮去除率可稳定达 96%以上,满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中的一级 B 排放标准。赵洪波等^[23]的研究养殖污水处理费用约为 3.5 元·m⁻³,邓良伟等^[6]认为用工业化处理模式处理畜禽粪便污水运转费用在 2.0 元·m⁻³,梁进等^[24]的研究应用结果显示处理费用在 2.5 元·m⁻³ 左右。本设计的处理费用主要集中在人工和运行动力费用上,示范结果显示处理费用平均在 0.9~2.1 元·m⁻³ 之间,且日处理量越大,单位处理费用越低。

以宜兴市高塍镇陈亮畜禽养殖场示范工程为例,

养殖场位于宜兴市高塍镇肖张墅村,占地 2.33 hm²,建筑面积 2 420 m²,其中猪舍面积 2 160 m²,现存栏优质种猪 200 头,年商品猪出栏 3 500 多头。由于没有足够的农田配套,养殖粪污处理利用问题一直困扰着企业的发展。实施本研究养殖场粪污“三分离一净化”综合处理工程示范后,实现了养殖粪污无害化处理、资源化利用及养殖废水达标排放,达到了生态养殖目的,同时也为国家畜禽养殖污染减排提供了较好的标杆模式。宜兴市环境监测站对工程处理效果进行了多次监测^[25-27],监测结果显示,后续深度处理阶段 COD 和氨氮去除率达 96%以上,总磷达 94%以上(表 3、图 2)。

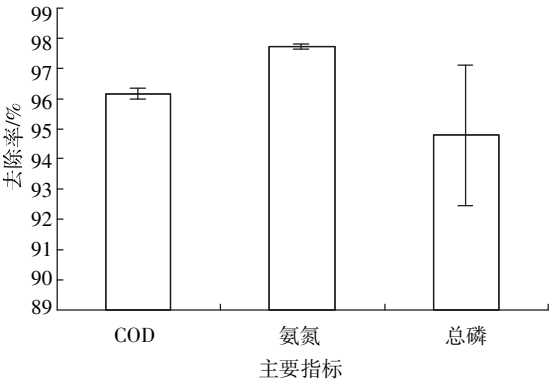


图 2 后续处理阶段主要指标去除率(n=3)

4 结论

本研究通过集成养殖场雨污分流、干清粪、挤压脱水、深度净化等工艺技术,设计养殖场粪污“三分离一净化”综合处理工程模式,并选择养殖场实施了示范工程建设。项目实施后养殖废水 COD、氨氮的总去除率均达 96%以上,废水排放基本满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中的一级 B 排放标准,而固体养殖粪便也实现无害化处理及资源化有效利用。实践表明,本研究在解决规模畜禽养殖场粪污处理与综合利用方面成效显著,且运行可靠、管理方便,适宜有条件的地区推广运行。

表 3 工程处理效果^[25-27]

采样地点或样品名称	监 测 项 目			
	pH	COD/mg·L ⁻¹	氨氮/mg·L ⁻¹	总磷/mg·L ⁻¹
三格式化粪池出水	7.49~7.68	752~850	661~701	14.6~15.1
深度处理设备出水	7.22~7.47	35.1~45.3	18~19	1.12~1.51
生态塘出水	7.11~7.28	<30	15~16	0.29~1.08

参考文献:

- [1] 董洪梅, 王大娟. 畜禽养殖废水处理技术研究进展[J]. 现代农业科技, 2011(13): 260-262.
- [2] 张克强, 高怀友. 畜禽养殖业污染物处理与处置[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004: 22-24.
- [3] 陈蕊, 高怀友, 傅学起, 等. 畜禽养殖废水处理技术的研究与应用[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25 (增刊): 374-377.
- [4] 王子臣, 沈建宁, 管永祥, 等. 小型分散畜禽场粪污综合治理思路探讨——以武进区礼嘉-洛阳片区畜禽养殖业为例[J]. 农业环境与发展, 2013, 30(2): 11-14.
- [5] 第一次全国污染源普查公报[EB/OL]. http://www.stats.gov.cn/tjgb/qt-tjgb/qgqqtjgb/t20100211_402621161.htm.
- [6] 邓良伟. 规模化畜禽养殖废水处理技术现状探析[J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(2): 23-26.
- [7] 何占飞, 荀方飞, 付永胜. 混合工艺处理猪场养殖废水研究[J]. 广东农业科学, 2011(9): 171-172.
- [8] 王海芹, 沈建宁, 戴华强, 等. 规模化猪场养殖废水深度处理方法研究[J]. 农业环境与发展, 2013, 30(2): 40-42.
- [9] 陈慧祥, 彭举威, 林孝娟. 高浓度畜禽养殖废水厌氧生物处理技术研究[J]. 吉林建筑工程学院学报, 2012, 29(2): 42-44.
- [10] 刘明轩, 杜启云, 王旭. USR 在养殖废水处理中的实验研究[J]. 天津工业大学学报, 2007, 26(6): 36-38.
- [11] 徐志霖, 秦普丰, 蒋敏. 化学预脱氮除磷/ABR/生物接触氧化/人工湿地工艺处理规模化养殖废水[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(11): 6754-6755.
- [12] 蔡明凯, 张智, 焦世珺. AF-人工湿地-生态塘工艺处理养殖废水[J]. 给水排水, 2010, 36(2): 66-70.
- [13] 朱春兰, 邓仕槐, 肖鸿. DO 对新型 SBBR 处理畜禽养殖废水脱氮的影响[J]. 安全与环境工程, 2011, 18(5): 33-36.
- [14] 江苏省农村统计年鉴——2012[M]. 2012.
- [15] 江苏省农业委员会畜牧局统计资料[R]. 2011.
- [16] 冯沧, 李田, 王溯. 上海市旧住宅小区雨污分流改造效果评价[J]. 中国给水排水, 2009, 25(23): 138-140.
- [17] 侯亚辉, 李科. 畜禽养殖废水处理技术[J]. 河南农业, 2012(11): 54-55.
- [18] 沈启扬, 陈新华, 刘卫华. 畜禽粪便固液分离技术研究与设备改进[J]. 江苏农机化, 2011(2): 23-25.
- [19] 文昊深, 汪立飞, 罗伟, 等. 成都市固废处置场一期库区雨污分流系统工程设计[J]. 中国给水排水, 2012, 28(12): 63-65.
- [20] 徐谦, 朱桂珍, 向俐云. 北京市规模化畜禽养殖场污染调查与防治对策研究[J]. 农村生态环境, 2002, 18(2): 24-28.
- [21] 彭英霞, 王浚峰, 高继伟. 畜牧场固液分离及水冲系统简介及设计要点[J]. 中国沼气, 2012, 30(5): 38-42.
- [22] 潘碌亭, 罗华飞. 猪场养殖废水处理新工艺[J]. 工业水处理, 2008, 28(2): 72-74.
- [23] 赵洪波, 吴睿, 卡林. 养殖废水新型处理技术中试[J]. 环境工程, 2012, 30(4): 23-24, 86.
- [24] 梁进, 李袁琴, 杨平. 畜禽养殖废水处理技术探讨[J]. 四川环境, 2011, 30(6): 139-143.
- [25] 宜兴市环境监测站. 监测报告[R]. (2013)环监(水)字第(041)号.
- [26] 宜兴市环境监测站. 监测报告[R]. (2013)环监(水)字第(042)号.
- [27] 宜兴市环境监测站. 监测报告[R]. (2013)环监(水)字第(043)号.