



《畜禽粪便资源化利用技术模式》系列丛书

畜禽粪便资源化利用技术 ——清洁回用模式

◎ 郑瑞峰 杨军香 主编



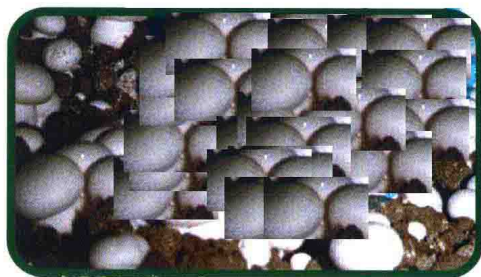
中国农业科学技术出版社

非外借

《畜禽粪便资源化利用技术模式》系列丛书

畜禽粪便资源化利用技术 ——清洁回用模式

◎ 郑瑞峰 杨军香 主编



中国农业科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

畜禽粪便资源化利用技术. 清洁回用模式 / 郑瑞峰,
杨军香主编. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2016.8
(《畜禽粪便资源化利用技术模式》系列丛书)
ISBN 978-7-5116-2640-0

I. ①畜… II. ①郑… ②杨… III. ① 畜禽-粪便处
理 IV. ① X713

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 141219 号

责任编辑 闫庆健 鲁卫泉

责任校对 马广洋

出版者 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82106632 (编辑室) (010) 82109704 (发行部)
(010) 82109709 (读者服务部)

传 真 (010) 82106625

网 址 <http://www.castp.cn>

经销者 各地新华书店

印刷者 北京科信印刷有限公司

开 本 787 mm × 1092 mm 1/16

印 张 9.25

字 数 219 千字

版 次 2016 年 8 月第 1 版 2016 年 8 月第 1 次印刷

定 价 39.80 元

《畜禽粪便资源化利用技术——清洁回用模式》

编委会

主 任：石有龙

副主任：刘长春 杨军香

委 员：郑瑞峰 陶秀萍 施正香

主 编：郑瑞峰 杨军香

副主编：陶秀萍 施正香

编 者：郑瑞峰 杨军香 陶秀萍 施正香 任 康

陈家贵 黄萌萌 谢俊龙 原积友 徐 旭

杨 帆 张宝石 周 培 李 志 付永利

前言

近年来，我国规模化畜禽养殖业快速发展，已成为农村经济最具活力的增长点，有力推动了现代畜牧业转型升级和提质增效，在保供给、保安全、惠民生、促稳定方面的作用日益突出。但畜禽养殖业规划布局不合理、养殖污染处理设施设备滞后、种养脱节、部分地区养殖总量超过环境容量等问题逐渐凸显。畜禽养殖污染已成为农业面源污染的重要来源，如何解决畜禽养殖粪便处理利用问题，成为行业焦点。

《中华人民共和国环境保护法》《畜禽规模养殖污染防治条例》和国务院《大气污染防治行动计划》《水污染防治行动计划》《土壤污染防治行动计划》等对畜禽养殖污染防治工作均提出了明确的任务和时间要求，国家把畜禽养殖污染纳入主要污染物总量减排范畴，并将规模化养殖场（小区）作为减排重点。《农业部关于打好农业面源污染防治攻坚战的实施意见》将畜禽粪便基本实现资源化利用纳入“一控两减三基本”的目标框架体系，全面推进畜禽粪便处理和综合利用工作。

作为国家级畜牧技术推广机构，全国畜牧总站

近年来高度重视畜禽养殖污染防治工作，以“资源共享、技术支撑、合作示范”为指导，以畜禽粪便减量化产生、无害化处理、资源化利用为重点，组织各级畜牧技术推广机构、高等院校和科研单位的专家学者开展专题调研和讨论，深入了解分析制约养殖场粪便处理的瓶颈问题，认真梳理畜禽粪便处理利用的技术需求，总结提炼出“种养结合、清洁回用、达标排放、集中处理”等四种具体模式，并组织编写了《畜禽粪便资源化利用技术模式》系列丛书。

本书为《清洁回用模式》，共4章，分别为概述、技术单元、应用要求和典型案例。围绕大型规模化养殖场受土地、技术和成本制约，从而导致养殖场粪便利用意愿不高、利用模式标准化程度差、工艺参差不齐、利用效率低和资源浪费严重等普遍存在的粪便综合利用焦点问题，全面深入探讨和阐述国内、国外畜禽养殖粪便在清洁回用方面取得的先进成果、先进技术和先进经验，并总结归纳全国不同地区的典型案例。

该书图文并茂，内容理论联系实际，介绍的技术模式具有先进、适用特点，可供畜牧行业工作者、科技人员、养殖场经营管理者及技术人员学习、借鉴和参考。

在本书编写过程中，得到了各省（市、区）畜牧技术推广机构、科研院校和养殖场的大力支持，在此表示感谢！由于编者水平有限，书中难免有疏漏之处，敬请批评指正。

编者

2016年3月

目 录

第一章 概述.....	001
第一节 概 念	001
第二节 工艺流程	005
第二章 技术单元.....	014
第一节 收集方式	014
第二节 贮存方式	019
第三节 固液分离	026
第四节 干粪处理与利用	041
第五节 粪水处理与利用	067
第三章 应用要求.....	088
第一节 适用范围	088
第二节 注意事项	088
第四章 典型案例.....	092
第一节 猪场案例	092
案例 1 杭州天元农业开发有限公司	
【粪水回用和猪粪养蛆】	092

案例 2	广西容县奇昌种猪养殖有限责任公司	
	【高架网床零排放式养猪】	098
第二节	牛场案例	105
案例 3	山西四方高科农牧有限公司	
	【粪水回用和牛粪生产垫料】	105
案例 4	天津神驰农牧发展有限公司	
	【粪水回用和牛粪生产垫料】	112
案例 5	齐齐哈尔市汇轩生物科技有限公司	
	【牛粪发酵床】	125
案例 6	现代牧业(宝鸡)有限公司	
	【粪水回用和牛粪生产垫料】	129
参考文献		137

第一章 概 述

第一节 概 念

一、粪 便

粪便是指畜禽养殖过程中产生的废弃物，包括粪、尿、垫料、冲洗水、动物尸体、饲料残渣和臭气等。由于动物尸体通常是单独收集和处理，臭气产生后即挥发，本书定义的粪便主要包括畜禽粪、尿、垫料、饲料残渣及其与冲洗水形成的混合物。其中，固体粪便称为干粪，液体粪便称为粪水。

（一）粪便成分的来源

由于粪便主要是畜禽干粪、尿和冲洗水的混合物，畜禽干粪和尿中的成分都存在于粪便中。

1. 干粪的成分

（1）含水量。干粪中的含水量，随动物种类、年龄不同而不同。正常成年动物干粪的含水量分别为：猪粪 81.5%、牛粪 83.3%、羊粪 65.5%、鸡粪 50.5%。

（2）含氮量。粪中氮的来源有两方面：一是未消化的饲料蛋白，即外源性氮；二是机体代谢氮，即内源性氮。畜禽干粪中的粗蛋白包括蛋白质和非蛋白含氮物两部分。粪中的蛋白质包括多种菌体蛋白、消化道脱落的上皮细胞、消化酶以及存在于饲料残渣中的各种未消化蛋白；非蛋白含氮物包括游离氨基酸、尿素、尿酸、氨、胺、含氮脂类、核酸及其降解产物等。干粪中的氮主要是有机氮，有机氮含量占粪中总氮量的 80% 以上。有机氮只有被矿化后才能被植物吸收，而干粪中的无机氮（氨氮）能被植物直接吸收利用。

畜禽干粪中的粗蛋白平均含量以鸡粪最高，其次是猪粪，草食动物干粪相对较低。在鸡粪中粗蛋白含量又以笼养肉鸡粪最高，依次是笼养蛋鸡粪、肉鸡垫料粪、蛋鸡垫料粪和后备鸡垫料粪。

粪中氮的存在形式也具有畜禽差异，猪粪中纯蛋白含量较高，一般占粗蛋白总量的 60% 以上，牛粪中的粗蛋白主要是氨氮和尿素，纯蛋白含量较少；鸡粪中的粗蛋白以纯蛋白为主，其次是尿酸和氨氮，尿素和其他含氮物很少。当然干粪在降解中各种氮的含量也会发生变化。

粪中氮占粪尿总氮量的比因畜禽种类不同而异：奶牛为 60%、肉牛和绵羊为 50%、



猪为 33%、鸡为 25%。同种畜禽由于受饲料性质等多种因素的影响，粪尿氮之比常可发生一定的变化。

(3) 矿物质含量。干粪中的矿物质来源分两部分，一部分是日粮中未被动物吸收的外源性矿物质，另一部分是由机体代谢经消化道或消化腺等器官分泌出来的内源性矿物质。由于不同矿物元素在饲料中的含量不同以及不同动物对各种矿物质元素的吸收、代谢和排泄状况不同，畜禽干粪中的矿物质含量差异很大。

磷，反刍动物磷吸收率平均为 55%，非反刍动物磷吸收率在 50%~85%，而植酸磷消化吸收率低，一般在 30%~40%。猪粪中的内源性磷大多由小肠分泌，40% 随干粪排泄，60% 随尿排出；草食动物内源性磷主要由瘤胃分泌，大部分随干粪排出，小部分随尿排出，泌乳家畜从乳中也可排出一定量的磷。干粪中部分磷以有机形式存在，必须经过分解矿化后才能被植物吸收。

钾，饲料中的绝大部分钾可被吸收，而吸收的钾有 80%~85% 随尿排出，10% 随粪排出，其余随汗排出。畜禽干粪中钾通常为无机养分，几乎完全为有效钾，能直接被植物利用。

铜，饲料中铜的吸收率一般只有 5%~10%，被吸收的铜大部分（80% 以上）随胆汁排出，少量通过肾脏（约 5%）和肠壁（约 10%）排出；未被吸收的铜随干粪排出。反刍动物随胆汁排出的铜低于单胃动物，但随尿排出的铜高于单胃动物。

锌，反刍动物对锌的吸收能力为 20%~40%，成年单胃动物为 7%~15%。粪中的锌大部分是日粮中未被吸收的锌，小部分是由消化道所分泌的内源性锌。随尿排出的内源性锌量很少。

(4) 病原微生物。畜禽干粪中常含有病原微生物。青霉菌、黄曲霉菌和黑曲霉菌是畜禽干粪中常见的病原霉菌。畜禽干粪中都能检出沙门氏菌属、志贺氏菌属、埃希氏菌属及各种曲霉属的致病菌型。

鸡粪中常见的病原微生物有：丹毒杆菌、李氏杆菌、禽结核杆菌、白色链球菌、梭菌、棒状杆菌、金黄色葡萄球菌、沙门氏菌、烟曲霉、鸡新城疫病毒、鹦鹉病毒等。

猪粪中常见的病原微生物有：猪霍乱沙门氏菌、猪伤寒沙门氏菌、猪巴氏杆菌、绿脓杆菌、李氏杆菌、猪丹毒杆菌、化脓棒状杆菌、猪链球菌、猪瘟病毒、猪水泡病毒等。

牛粪中常见的病原微生物有：魏氏梭菌、牛流产布氏杆菌、绿脓杆菌、坏死杆菌、化脓棒状杆菌、副结核分支杆菌、金黄色葡萄球菌、无乳链球菌、牛疱疹病毒、牛放线菌等。

羊粪中常见的病原微生物有：羊布氏杆菌、炭疽杆菌、破伤风梭菌、沙门氏菌、腐败梭菌、绵羊棒状杆菌、羊链球菌、肠球菌、魏氏梭菌、口蹄疫病毒、羊痘病毒等。

寄生于畜禽消化道或与消化道相连脏器（如肝、胰等）中的寄生虫及其虫卵、幼虫或虫体片段通常与粪一同排出，部分呼吸道寄生虫的虫卵或幼虫也可能出现在干粪中，泌尿生殖器官内的寄生虫卵或幼虫可在鸡粪中出现。

2. 尿的成分

(1) 含水量。一般情况下，畜禽尿中的水分占 95%~97%，固体物占 3%~5%。但不

同畜禽尿含水量差异很大，猪尿含水量最高，其次是牛尿和马尿，羊尿较少。

(2) 有机物。尿中的含氮物质全为非蛋白氮，主要包括：尿素、尿囊酸、尿酸、肌酐、嘌呤和嘧啶碱、氨基酸和氨等。它们是蛋白质和核算在体内代谢产生的终产物或中间产物。

(3) 无机物。尿中的无机物主要有钾、钠、钙、镁和氨的各种盐。氨在尿中主要以氯化铵和硫酸铵等形式存在。另外，尿中还有少量的硫，它以硫酸盐及其复合酯的形式存在。

(4) 病原微生物。对于健康畜禽，存在于膀胱中的尿是无菌的。但尿在排出过程中极易受到泌尿生殖道内存在的各种微生物如葡萄球菌、链球菌、大肠杆菌、乳酸杆菌等的污染而带菌，所以，新鲜尿中能检测到这些菌的存在，病畜禽尿中还可检测到有关的病原微生物。

寄生于畜禽消化道或与消化道相连脏器中的部分寄生虫卵或幼虫可随尿排出，泌尿生殖器官内的寄生虫卵或幼虫一般随尿排出。

(二) 粪便产量的影响因素

畜禽粪便由干粪、尿液以及冲洗水等组成，因此，任何影响干粪、尿液和冲洗水量的因素也会影响粪便的产生量。

1. 干粪量的影响因素

由于干粪由未被消化的饲料残渣、机体代谢产物和微生物等组成，因此，凡是影响动物消化、消化道结构及其机能和饲料性质的因素，都会影响干粪量。

(1) 畜禽种类、年龄和个体差异。不同种类的畜禽，由于消化道的结构、功能、长度和容积不同，因而对饲料的消化力不一样。畜禽从幼年到成年，消化器官和机能发育的完善程度不同，对饲料养分的消化率也不一样。同一品种、相同年龄的不同个体，因培育条件、体况、用途等不同，对同一种饲料养分的消化率也有差异。畜禽处于空怀、妊娠、哺乳、疾病等不同的生理状态，对饲料养分的消化率也有影响。

(2) 饲料种类及其成分。不同种类和来源的饲料因养分含量及性质不同，可消化性也不同。

(3) 饲料的加工调制和饲养水平。饲料加工调制方法对饲料养分消化率均有不同程度的影响。适度磨碎有利于单胃动物对饲料干物质、能量和氮的消化；适宜的加热和膨化可提高饲料中蛋白质等有机物质的消化率。粗饲料用酸碱处理有利于反刍动物对纤维性物质的消化；凡有利于瘤胃发酵和微生物繁殖的因素，皆能提高反刍动物对饲料养分的消化率。

饲养水平过高或过低均不利于饲料的转化。饲养水平过高，超过机体对营养物质的需要，过剩的物质不能被机体吸收利用。相反，饲养水平过低，则不能满足机体需要而影响其生长和发育。

2. 尿量的影响因素

畜禽的排尿量受品种、年龄、生产类型、饲料、使役状况、季节和外界温度等因素的



影响，任何因素变化都会使动物的排尿量发生变化。

(1) 动物种类。不同种类动物，营养物质特别是蛋白质代谢产物不同，排尿量存在差异。猪、牛、马等哺乳动物，蛋白质代谢终产物主要是尿素，这些物质停留在体内对动物有一定的毒害作用，需要大量的水分稀释，并使其适时排出体外，因而产生的尿量较多；禽类体内蛋白质代谢终产物主要是尿酸或胺，排泄这类产物需要的水很少，尿量较少。

(2) 饲料。就同一个体而言，动物尿量的多少主要取决于肌体所摄入的水量及由其他途径所排出的水量。在适宜环境条件下，饲料干物质采食量与饮水量高度相关，食入水分十分丰富的牧草时动物可不饮水，尿量较少；食入含粗蛋白水平高的饲料，动物需水量增加，以利于尿素的生成和排泄，尿量较多。刚出生的哺乳动物以奶为生，奶中高蛋白含量的代谢和排泄使尿量增加。饲料中粗纤维含量增加，因纤维膨胀、酵解及未消化残渣的排泄，使需水量增加，继而尿量增加。

另外，当日粮中蛋白质或盐类含量高时，饮水量加大，同时尿量增多；有的盐类还会引起动物腹泻。

(3) 环境因素。高温是造成畜禽需水量增加的主要因素，最终影响排尿量。一般当气温高于 30°C ，动物饮水量明显增加，低于 10°C 时，需水量明显减少。气温在 10°C 以上，采食 1 千克干物质需供给 2.1 千克水；当气温升高到 30°C 以上时，采食 1 千克干物质需供给 2.8~5.1 千克水；产蛋母鸡当气温从 10°C 以下升高到 30°C 以上时，饮水量几乎增加两倍。高温时动物体表或呼吸道蒸发散热增加，尿量也会发生一定的变化。外界温度高、活动量大的情况下，由肺或皮肤排出的水量增多，导致尿量减少。

3. 冲洗水量影响因素

冲洗水量主要取决于畜禽舍的清粪方式。

(1) 清粪方式。不同清粪方式的冲洗用水量差别很大。对于猪场，如果采用发酵床养猪生产工艺，生产过程中的冲洗用水量很少、甚至不用水冲洗；但是如果采用水冲清粪工艺，畜禽排泄的粪尿全部依靠水冲洗进行收集，冲洗用水量很大。对于鸡场，采用刮粪板或清粪带清粪，只在鸡出栏后集中清洗消毒，冲洗水量也很少。

(2) 降温用水。虽然降温用水与冲洗并无关联，但不少养殖场在夏季通过喷雾或冲洗动物体实现降温，形成的废水也将成为粪便的一部分，这也是一些猪场夏季粪水量显著增加的一个重要原因。

二、清洁回用模式

畜禽养殖粪便的特性及影响因素决定了粪便处理与综合利用的方式。清洁回用模式是以综合利用和提高资源化利用率为出发点，通过在养殖场（小区）高度集成节水的粪便收集方式（采用机械干清粪、高压冲洗等严格控制生产用水，减少用水量）、遮雨防渗的粪便输送贮存方式（场内实行雨污分流、粪水密闭防渗输送）、粪便固液分离、液态粪水深度处理后回用（用于场内粪沟或圈栏冲洗等）和固体干粪资源化利用（堆肥、

牛床或发酵床垫料、栽培基质、蘑菇种植、蚯蚓和蝇蛆养殖、碳棒燃料等）等处理利用方式，且符合资源化、减量化、无害化原则的粪便资源化利用模式。

第二节 工艺流程

一、工艺设计要求

清洁回用模式的特征就是干粪和粪水经过处理后被回用。整个工艺流程环节多，工艺复杂，操作要求高，每个环节都要能够稳定运行，才能实现回用目标。在选用具体工艺时，应根据养殖场的养殖种类、养殖规模、粪便收集方式、当地的自然地理环境条件以及排水去向等因素确定工艺路线及处理目标，并应充分考虑畜禽养殖废水的特殊性，在实现综合利用的前提下，优先选择低运行成本的处理工艺，并慎重选用物化处理工艺。

（一）粪便收集

畜禽养殖场宜采用干清粪工艺。畜禽粪便应日产日清。畜禽养殖场应建立排水系统，并实行雨污分流。

（二）粪便贮存

畜禽粪便处理应设置专门的贮存池。贮存池的位置选择应满足 HJ/T 81—2001 第 5.2 条的规定。贮存池的总有效容积应根据贮存期确定。贮存池的结构应符合 GB 50069 的有关规定，具有防渗漏功能，不得污染地下水。对易侵蚀的部位，应按照 GB 50046 的规定采取相应的防腐蚀措施。贮存池应配备防止降雨（水）进入的措施。贮存池宜配置排污泵。

（三）废水处理

清洁回用模式下的粪水处理工艺设计是一个相当复杂的过程，它包括建筑、设备、自动化控制等多个方面的专业技术问题，只有对每一部分进行科学合理的设计，才能保证粪水处理系统整体的正常运行，并且有效地降低处理成本，达到最佳的粪水处理效果（图 1-2-1）。



图 1-2-1 废水处理设施

1. 预处理

畜禽养殖场废水处理前应强化预处理，预处理包括格栅、沉砂池、固液分离系统、水解酸化池等。

(1) 格栅。格栅是养殖废水处理设施中最前端的预处理单元。废水进入集水池前应设置格栅，以去除废水中的残余饲料、粪渣及其他杂物等大颗粒物，保护后续处理单元内的水泵、阀门和管道等机械设备少出故障，并确保后道处理单元的稳定运行。当粪水量较大时，宜采用机械格栅以降低操作人员的劳动负荷，栅渣应及时运至粪便堆肥场或其他无害化场所进行处理。格栅的技术要求按 GB 50014—2006 的有关规定执行。

(2) 沉砂池。处理养鸡场或奶牛场废水时应强化沉砂池设置；其他养殖废水处理可使设置的集水池具有一定的沉砂功能，不单独设置沉砂池。沉砂池的设计参照 CJJ 64—1995 第 3.3 条的有关规定。

(3) 集水池。厌氧处理系统前应设置集水池。集水池的容量不宜小于最大日排放量的 50%。集水池的设置应方便去除浮渣和沉渣。处理食草类动物粪便时，应增加集水池容积，使其具有化粪池的功能。

(4) 固液分离。固液分离设备可选用筛分式洗涤脱水机、螺旋挤压分离机等，应根据处理水量、水质、场地、经济情况等条件综合考虑选用，并考虑废渣的贮存、运输等情况。当采用螺旋挤压分离机时，宜在排污收集后 3 小时内进行粪水的固液分离。

(5) 水解酸化池。进水经固液分离后、进厌氧处理系统前,根据工艺要求宜设置水解酸化池。水解酸化池容积应根据工艺要求确定。进水经固液分离的,水力停留时间(HRT)宜为 12~24 小时。

2. 厌氧生物处理

厌氧生物处理单元通常由厌氧反应器、沼气收集与处置系统(净化系统、贮气罐、输配气管和使用系统等)、沼液和沼渣处置系统组成(图 1-2-2)。



图 1-2-2 沼气设施

(1) 厌氧反应器设计整体要求。厌氧反应器的类型和设计应根据粪便种类和工艺路线确定。具体要求如下。

厌氧反应器容积宜根据水力停留时间确定,具体要求参考 HJ 497—2009 标准。

当温度条件不能满足工艺要求时,厌氧反应器需设置加热保温措施。

厌氧反应器、沼气净化利用系统的防火设计应符合 GBJ 16 中的有关规定。

厌氧反应器应设有防止超正、负压的安全装置及措施,安全装置的安全范围应满足工艺设计的压力及池体安全的要求。

厌氧反应器应达到水密性与气密性的要求,应采用不透气、不透水的材料建造,内壁及管路应进行防腐。

厌氧反应器应设有取样口、测温点。

应根据工艺需要配置适用的测定气量、气压、温度、pH 值、粪水量等的计量设备和仪表。



厌氧反应器应设有检修孔、排泥管等。

(2) 进水不经固液分离,粪尿全进的厌氧生物处理。厌氧反应器宜选用全混合厌氧反应器(CSTR)、升流式固体反应器(USR)和推流式反应器(PFR)。宜采用中温(35℃左右)或近中温消化,有其他热源利用的可采用高温(55℃左右)消化。中温条件下,当总固体含量 $w(TS) < 3\%$ 时,厌氧反应器的水力停留时间(HRT)不宜小于5天;总固体含量 $w(TS) \geq 3\%$ 时,不宜小于8天。宜采用一级厌氧消化,根据不同工艺,也可选用二级厌氧消化。

不同厌氧反应器的设计宜满足下列要求。

① 全混合厌氧反应器(CSTR):平面形状宜采用圆形;应设置搅拌系统;搅拌可采用连续方式,也可采用间歇方式;

② 升流式固体反应器(USR):宜采用立式圆柱形,有效高度6~12米;应选用合理的布水方式,以保证液体均匀上升,避免短路、勾流;

③ 推流式厌氧反应器(PFR)宜采用半地下或地上建筑。

(3) 进水经固液分离的厌氧生物处理。厌氧反应器宜采用升流式厌氧污泥床(UASB),也可采用复合厌氧反应器(UBF)、厌氧过滤器(AF)、折流式厌氧反应器(ABR)等。宜采用常温发酵,但温度不宜低于20℃。厌氧反应器的水力停留时间(HRT)不宜小于5天。

采用升流式厌氧污泥床(UASB)时,设计应符合下列规定。

① 应根据经济性和场地情况考虑确定反应器的平面形状,宜采用圆形或矩形池;

② 应综合考虑运行、经济等情况确定反应器的高度,不宜超过10米,反应器有效高度(深度)宜为7~9米;

③ 宜设2个以上厌氧罐体,单体体积不宜超过2000立方米;当处理量较大时,宜采用多个单体反应器并联运行;

④ 进水系统的设计应确保布水均匀,避免出现短路等现象;

⑤ 三相分离器的设计应确保水、气、泥三相有效分离,出水含泥量少。

3. 沼气净化、贮存及利用

厌氧处理产生的沼气需完全利用,不得直接向环境排放。经净化处理后通过输配气系统可用于居民生活用气、锅炉燃烧、沼气发电等。沼气的净化、贮存按照NY/T 1222—2006第8.5条、第8.6条的有关规定执行。

4. 沼渣、沼液处置与利用

沼渣应及时运至粪便堆肥场或其他无害化场所,进行妥善处理。沼液可作为农田、大棚蔬菜田、苗木基地、茶园等的有机肥,宜放置2~3天后再利用。

5. 好氧生物处理

好氧反应单元前宜设置配水池,使厌氧出水与水解酸化池的一部分粪水进行混合调配,确保好氧工艺进水的生化需氧量与化学需氧量的比值 $\omega(BOD_5/COD) \geq 0.3$ 。宜采用具有脱氮功能的好氧处理工艺,如具有脱氮功能的序批式活性污泥法(SBR)、氧化沟法、缺氧/好氧(A/O)等生物处理工艺。除氨氮时,完全硝化要求进水的总碱度(以

CaCO_3 计) / 氨氮的比值宜 ≥ 7.14 ; 脱总氮时, 进水的碳氮比 (BOD_5/TN) 宜 > 4 , 总碱度 (以 CaCO_3 计) / 氨氮的比值宜 ≥ 3.6 。好氧池的污泥负荷 ($\text{BOD}_5/\text{MLVSS}$) 宜为 $0.05\sim 0.1$ 千克 / (千克 · 天), 混合液挥发性悬浮固体浓度 (MLVSS) 宜为 $2.0\sim 4.0$ 克 / 升, 其他有关设计、配套设施和设备参考 GB 50014—2006 及相应的工艺类工程技术规范的规定 (图 1-2-3)。



图 1-2-3 好氧生物处理

6. 自然处理

根据可供利用的土地资源面积和适宜的场地条件, 在通过环境影响评价和技术经济比较后, 可选用适宜的自然处理工艺。自然处理工艺宜作为厌氧、好氧两级生物处理后出水的后续处理单元。宜采用的自然处理工艺有人工湿地、土地处理和稳定塘技术。

(1) 人工湿地。适用于有地表径流和废弃土地, 常年气温适宜的地区 (图 1-2-4)。