



《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 ——种养结合模式

◎ 全国畜牧总站 组编



中国农业科学技术出版社

《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 ——种养结合模式

◎ 全国畜牧总站 组编



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·种养结合模式 / 全国畜牧总站组编.
—北京: 中国农业科学技术出版社, 2016.11
(《畜禽粪便资源化利用技术模式》系列丛书)
ISBN 978-7-5116-2641-7

I. ①畜… II. ①全… III. ①畜禽—粪便处理 IV. ①X713

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 141221 号

责任编辑 闫庆健 段道怀
责任校对 杨丁庆

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 11 月第 1 版 2016 年 11 月第 1 次印刷
定 价 39.80 元

—— 版权所有 · 侵权必究 ——

《畜禽粪便资源化利用技术——种养结合模式》

编委会

主 任：石有龙

副主任：刘长春 杨军香

委 员：李登忠 李保明 张克强

主 编：李登忠 杨军香

副主编：李保明 张克强

编 者：李登忠 杨军香 李保明 张克强 董红敏

程相鲁 袁跃云 康 雷 黄萌萌 战汪涛

陈明银 石宝庆 胡小山 艾志勇 王立杰

王秀东 关 龙 马 猛 侯佳奇

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资源化利用问题，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、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4种具体模式，并组织编写了《畜禽养殖粪便处理与综合利用技术》系列丛书。

本书为《种养结合模式》分册，共4章，分别为概述、技术单元、应用要求和典型案例。重点对种养结合粪便处理模式的概念意义、工艺流程、配套技术、还田匹配以及推广要点等进行了梳理归纳。书中穿插了大量实际应用图片，并引用了部分典型案例，分析了种养结合模式应用实效，以便于读者理解和掌握。

本书图文并茂，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。

本书在编写过程中，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

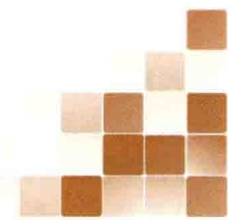
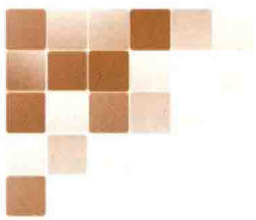
目 录

第一章 概 述.....	001
第一节 概 念	001
第二节 工艺流程	003
第三节 国内外概况	013
第四节 美国畜禽粪便综合养分管理计划（CNMP）	018
第二章 技术单元	022
第一节 收集方式	022
第二节 贮存方式	033
第三节 固液分离	039
第四节 处理技术	045
第五节 利用技术	062
第三章 应用要求	079
第一节 适用范围	079
第二节 注意事项	080
第三节 启示建议	081
第四章 典型案例	084
第一节 猪场案例	084
案例 1 河南牧原食品股份有限公司	
【干粪堆肥 + 沼液还田】工艺	084



案例 2	湖北武汉中粮江夏山坡原种猪场	
	【有机肥加工 + 猪 - 沼 - 田、林、鱼】工艺	088
案例 3	重庆南方菁华农牧有限公司泔溪猪场	
	【有机肥加工 + 猪 - 沼 - 菜、果】工艺	091
案例 4	湖北金林原种畜牧有限公司	
	【猪 - 沼 - 茶、果、菜、鱼】工艺	094
案例 5	温氏家庭农场模式	
	【舍外降解床 + 垫料还田】工艺	096
案例 6	广东东瑞食品集团有限公司	
	【高床发酵 + 垫料还田】工艺	099
第二节	牛场案例	106
案例 7	黑龙江雀巢 DFI 奶牛场	
	【粪水机械化粪肥还田】工艺	106
案例 8	新疆呼图壁种牛场	
	【干粪堆肥 + 沼液施肥 + 沼气提纯车用天然气】工艺	110
案例 9	新疆昌吉市海奥奶牛专业合作社	
	【有机肥加工 + 牛 - 沼 - 菜、葡萄】工艺	113
第三节	鸡场案例	115
案例 10	河北徐水大午集团种禽公司	
	【有机肥加工】工艺	115
案例 11	辽宁省盘锦兴牧集团	
	【有机肥加工】工艺	118
案例 12	山东民和牧业股份有限公司	
	【沼气处理利用】工艺	121
第四节	羊场案例	126
案例 13	山东省临清润林牧业有限公司	
	【有机肥加工】工艺	126

附录：畜禽粪便还田技术规范.....	129
附录 A：施肥量计算的推荐公式及相应参数的确定	134
参考文献.....	137



第一章 概 述

第一节 概 念

一、概 念

(一) 广义概念

种养结合是种植业和养殖业相结合的一种生态模式。养殖业是人与自然进行物质交换的重要环节，是指利用畜禽等已经被人类驯化的动物或者野生动物的生理机能，通过人工饲养、繁殖，使其将牧草和饲料等植物能转变为动物能，以取得肉、蛋、奶、皮、毛和药材等畜产品的生产部门。种植业是农业的主要组成部分之一，是利用植物的生活机能，通过人工培育以取得粮食、副食品、饲料和工业原料的社会生产部门。种养结合模式是将畜禽养殖产生的粪便、有机物作为生产加工有机肥的基础，为养殖业提供有机肥来源，同时种植业生产的作物又能够给畜禽养殖提供食源的一种有机结合模式。

(二) 狭义概念

简单地说，种养结合模式是养殖场（小区）采用干清粪或水泡粪等清粪方式，液体废弃物进行厌氧发酵或多级氧化塘处理后，就近应用于蔬菜、果树、茶园、林木、大田作物等生产。固体经过堆肥后就近或异地用于农田。鼓励各地借鉴国际上实施的“畜禽粪便综合养分管理计划”的成功经验，根据当地降雨、水系、地形、粪便养分含量、土壤性质、种植作物特点，集成粪便收集、贮存、无害化处理、粪肥与化肥混施、深施技术和设备，全链条实施粪便养分综合利用计划。通过自有土地或土地流转等方式，促进粪便就地还田，充分利用肥水等资源，实现土地配套、种养平衡。

二、有效途径

“庄稼一枝花，全靠粪当家”，传统的农耕方式中，种植业和养殖业是密不可分的。种植业与养殖业的关系，是对立统一的关系，两者相互依存，相互促进而又相互制约。种养结合是土地、种植业、养殖业三位一体的农业生产系统，倡导综合利用自然资源，提高资源利用率和产出率。种植业与养殖业结合是畜禽养殖粪便处理与综合利用的最有效途径，具有以下优点和意义：



（一）资源转化利用

种植业和养殖业结合的增值作用主要体现在以下 4 个方面：一是养殖业可将农产品转化为具有不同使用价值且价值量更高的畜产品；二是种植业生产的大量有机物质和能量只有 25% 左右能被人类直接利用，其余 75% 除作为动物饲料外基本不具备或完全不具备直接使用价值。通过养殖业转化为畜牧产品，大大地提高了其使用价值和经济价值；三是种植业经过加工的产品如糠麸、酒糟、粉渣等废弃物，唯有通过养殖业转化，提升其使用价值和价值；四是家畜在将饲料有机物质的 15%~30% 转化为畜产品的同时，其余 70% 作为粪尿排泄出去，并以厩肥形式为种植业所使用，从而转化为具有使用价值和价值的农产品。由此可见，种养结合的增值作用是农牧业发展与变化的动力。

（二）减少环境污染

种植业与养殖业各自向对方提供物质、能量，并通过动、植物的生理机能将其转化为营养物质，形成了相互循环的生物链，物质往复循环，生生不息，是生物界的特有功能，也是种植业和养殖业结合的基础。种养结合能够解决畜禽养殖可能带来的污染和历年来畜禽生产中尿液和冲洗水处理的难点，做到了资源化利用。畜禽产生的粪尿流入收集池，经过处理可以使其变成具有一定肥效的肥料，这样既可以节约肥料和水，又能减少环境污染，变“废”为宝，提高利用价值。

（三）有效改良土壤

种植业以农产品形式，每年从土壤中摄取大量氮、磷、钾以及各种微量元素，如果不增加物质、能量的投入，土壤理化性能将会越来越差，土地会越种越贫瘠，最终必然导致农业生产力的衰减甚至崩溃。养殖业提供以粪便为原料的有机肥占有机肥料总量的 62%~73%，能有效改良土壤、提高地力，还有利于促进土壤团粒结构的生成，增强土壤调节水、肥、气、热的功能，同时对提高农田生态系统转化率有着无机化肥无法替代的作用。

（四）优化生态环境

畜禽粪便既是优良的养分资源，又是完美的土壤改良剂。种植业为养殖业提供饲草饲料，使养殖业能够按人们的要求得以正常发展，另外，养殖业将一部分饲料有机质，以厩肥形式返回到农业系统中去。种养结合使农业生态系统所要求的能量流动和物质循环得以正常进行，为农牧业生产循环再生产活动提供了保证，并使之得以持久运转。农牧结合得越好，其物质循环和转化速度越快，数量增长越多，为人类提供的农产品越丰富。此外，种植业和养殖业结合使种植业中人类不能直接利用的废弃物和家畜粪尿得以充分利用，避免了农业和社会环境遭受污染，改善了人类生存空间，这种优化生态环境的作用，是无法以价值量计算的。

（五）满足社会需求

满足社会对畜产品不断增长的需要是发展农牧业生产的最终目的。粮、棉、油、瓜、果、菜等植物产品和肉、蛋、奶、皮、毛绒等动物产品既是人们日常生活的必需品，又是食品加工业、酿造业和轻工业生产的原材料。人类社会对这些动、植物产品的需求随着社会发展会越来越高。这种需求不仅规定了种植业与养殖业的同时存在，而且推动着农业生产的不断发展。从这个意义上讲，种植业和养殖业共同发展的局面将长期持续下去，并朝着形式多样化的方向发展。

（六）促进可持续发展

种植业、养殖业的有机结合，实行农、林、水、草合理的农田布局，增加有机肥的投入量，实行有机与无机相结合，减少无机肥及农药的施用量，同时随着养殖业、种植业的发展，必将促进并推动以农副产品深加工为主有机食品生产发展，形成种养一体化的生态农业综合体系，大大提高农业生态系统的综合生产力水平。实行种植养殖相结合将不断地提高农业生态系统的自我调节能力，最终达到“经济、生态、社会”效益三者的高度统一，有利于农牧业持续、稳定地发展。

第二节 工艺流程

近几年，为实现养殖业持续健康发展，全国各地都在积极探索养殖业转型升级和生态化发展之路，当前我国畜禽养殖业有很多种养结合模式的尝试，并取得了很好的效果。微观上看，这种模式能减少工业饲料和化肥的使用、减少污染和防止疫病传播，进而降低成本和提高收益，并能够提高中小规模养殖场的竞争力；宏观上看，能够制约养殖业规模的无限扩张并减少对大宗饲料原料的依赖和减少饲料原料进口，一定程度上能够提高本地畜禽产品自给率和减少跨地区调运，提高农民收入、提高种粮积极性、减少行业波动。

一、工艺流程

现代化养殖场的种类多种多样，甚至可以说每个养殖场都有各自的特点和运作方式，因此针对不同地域、不同气候、不同地形的种养结合也各不相同，常见的种养结合综合利用模式见图 1-2-1。粪便处理和还田形式都要综合考虑以下因素：

- 养殖种类、养殖规模和群体结构；
- 饲料情况及结构；
- 养殖形式；
- 清粪方式；
- 耕作种植管理；



- 养殖场周边的地形情况；
- 与水源和邻近单位的距离；
- 粪便处理；
- 利用方式；
- 养殖场未来的发展。

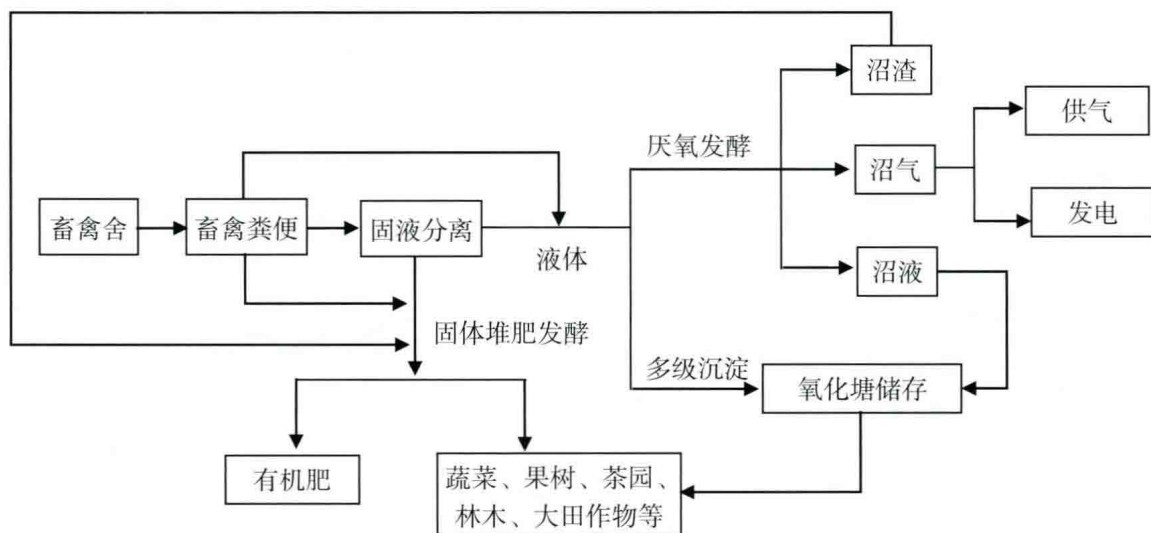


图 1-2-1 种养结合模式流程

（一）规划布局

应用种养结合模式处理畜禽养殖场养殖污染防治问题，首先，在建场初期要考虑养殖规模和场区周边有无与养殖规模相适应的土地消纳畜禽粪便。科学规划畜牧生产布局、规范养殖行为，避免因布局不合理而造成对环境的污染，建场应首先充分考虑当地土地利用规划，以及注意畜牧部门会同土地、环保部门依据《中华人民共和国畜牧法》《中华人民共和国环境保护法》《水污染防治行动计划》《土壤污染防治行动计划》等法律法规并结合城市（村镇）整体规划划定的禁养区、限养区及养殖发展区。其次，要与种植业布局相衔接，考虑周边有无与养殖规模相适应的农作物或果树等种植地。最后，发展方式必须生态化，在实施种养结合生态循环模式发展中，把“相对集中、适度分散、科学规划、合理布局”的选址原则，“适度规模、容量化消纳”规模建场原则，“干湿分离、雨污分流”减量化排放原则，“沼气配套、生物发酵床”无害化处理原则，“种养结合、生态还田”资源化利用原则，作为发展种养结合生态循环模式的行为准则，使上一环节的废弃物作为下一环节的资源，实现种养优势互补和良性生态循环，促进养殖业发展和环境保护相和谐。

（二）粪便收集

畜禽场粪便的产生量因品种、生长期、饲料、管理水平、气候等原因，不同畜禽排泄

量差别较大，含水率则差别更大。表 1-2-1 中为主要饲养的畜禽的排泄量，供参考。不同的畜禽养殖场宜根据实际情况，以实际测量为准。

表 1-2-1 畜禽场粪便排泄量估算

序号	类 别	日排粪量 (千克/头、只)	序号	类 别	日排粪量 (千克/头、只)
1	公猪	2.0~3.0	12	后备鸡（0~140 日龄）	0.072
2	空怀母猪	2.0~2.5	13	产蛋鸡	0.125~0.135
3	哺乳母猪	2.5~4.2	14	肉仔鸡	0.105
4	断奶仔猪	0.7	15	泌乳奶牛（28 月龄以上）	30~50
5	后备猪	2.1~2.8	16	青年奶牛（9~28 月龄）	20~35
6	生长猪	1.3	17	育成奶牛（7~18 月龄）	10~20
7	育肥猪	2.2	18	犊牛（0~6 月龄）	3~7
8	羊	2	19	24 月龄以上肉牛	20~25
9	肉鸭	0.1	20	24 月龄以下肉牛	15~20
10	种鸭	0.17	21	驴、马、骡子	10
11	兔	0.15			

畜禽粪便按含水率划分为固态（含水率 <70%）、半固态（含水率 70%~80%），半液态（含水率 80%~90%）、液态（含水率 >90%）。清粪工艺对畜禽粪便的含水率影响甚大，畜禽场采用水冲粪工艺和水泡粪工艺，粪便含水率在 95% 以上（如果不采取固液分离，处理技术难度大，投资高）；采用干清粪工艺，粪便含水率一般在 70%~85%。有些畜禽场由于饮水器漏水则粪便含水率高达 85% 以上，蛋鸡采用重叠式笼养和高床饲养产生的粪便含水率则低一些，肉鸡采用垫料平养，肉鸡出栏时垫料与粪便混合其含水率较低。图 1-2-2 为按经验估算粪便含水率的示意图，供参考。

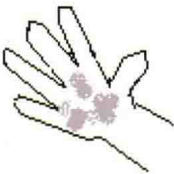
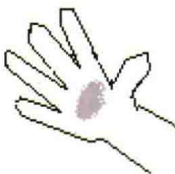
含水率	80% 水分	50% 水分	30% 水分
示意图			
特征	黏手	可以捏成团	太松散、捏不成团

图 1-2-2 用经验估算粪便含水率时的示意

(三) 粪便处理

要实施好种养结合，就要对畜禽粪便、尿液和粪水进行综合处理，不能简单地把粪便



运到农田里，那样不仅会污染环境，而且肥效也不好。《畜禽规模养殖污染防治条例》明确规定：“畜禽养殖废弃物未经处理，不得直接向环境排放。”养殖场必须将产生的粪便处理后才能施予农田。未经腐熟的农家肥往往含有大量的病菌虫卵，容易引起农作物根系病虫害；未经腐熟的农家肥养分多呈有机态，不容易被农田、果树等作物吸收，造成肥料损失。同时，未经腐熟农家肥在土壤中经过微生物发酵和分解时，会产生大量热量，容易烧根烧苗。

养殖场一般将粪便进行干湿分离，固体干粪在堆粪场或粪便处理池中进行发酵腐熟，液体粪水经过沼气发酵处理、多级氧化塘或污水处理设备处理后用于农田、林地中。

(四) 利用

养殖场将收集的粪便进行处理后，基于粪水是液体肥料，运输比较困难，且成本较高，提倡就近利用。在农业生产中南方和北方气候条件及农作物生长阶段需肥量不一样，肥料使用具有季节性，养殖场还应有足够的设施对非施肥季节的肥料进行贮存。不同性质粪便利用方式见表 1-2-2。

表 1-2-2 不同性质粪便利用方式

形态	浓度（含固率）	常见利用方式
固态	>30%	固粪可以使用滑移车、拖拉机推粪车或机械刮板进行收集、清理。传统箱式抛撒车可以用来对其进行固粪还田。抛撒车的抛撒机构有螺旋钻
半固态	20%~30%	半干粪可以使用活塞泵进行泵送，也能用螺旋搅龙进行转移，或者使用和固粪相同的设备进行收集。带密封围板的箱式抛撒车可以用来进行半干粪还田。连枷式或 V 型底抛撒车通常可以保证更均匀地抛撒半干粪
半液态	10%~20%	粪浆可以使用离心泵、活塞泵、螺杆泵以及齿轮式容积泵进行泵送。粪浆还田大多采用直接注入、或罐车抛撒等方法用在农作物田地中
液态	<10%	通过正确的管理和筛分，可以用液体泵对粪水进行处理。常采用直接注入、罐车抛洒或浇灌设备对粪水进行还田

1. 腐熟的肥料

腐熟的肥料可直接用车辆运输到农田、林地中，施予农田当作底肥，也可通过人工或机械抛撒当作有机肥追肥。固体肥料运输较为方便，因此也不限于地域远近等因素。

2. 粪水

养殖场经过处理后的粪水，可通过管道或槽罐车运输施予农田、林地，如图 1-2-3。可综合考虑养殖场周边地形地势，将处理过的粪水泵至高处，利用重力自然输送；平原地区可用增压泵或建立高塔增加输送压力，通过管道输送；或通过购买或改装畜禽粪便专业运输车，直接运输。

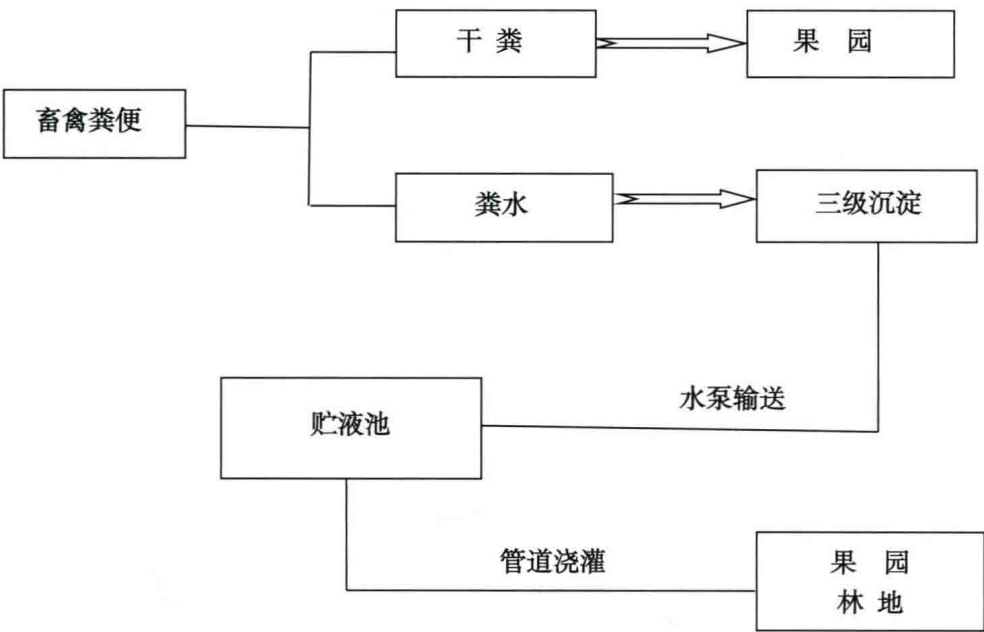


图 1-2-3 粪水利用模式

二、具体模式

(一) 堆肥还田模式

粪便还田是最传统、最经济的粪便处理方式，适用于农村、有足够农田消纳养殖场粪便的地区，猪、牛、鸡、羊等养殖场可采取“农作物秸秆—青贮（氨化）—饲养—粪便（堆肥）—农作物”种养结合利用模式，见图 1-2-4 通过种植饲草饲料作物，经过加工给养殖场提供饲草料，再将畜禽产生的粪便经过处理后还田，实现了农业生产的良性循环和农业废弃物的多层次利用，并体现了“秸秆资源化，粪便无害化”的优势。

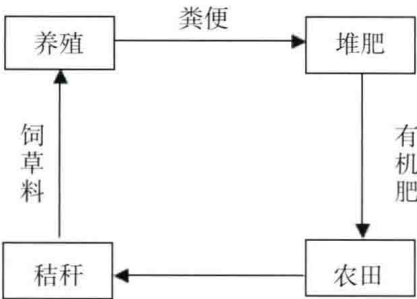


图 1-2-4 堆肥还田模式



（二）氧化塘处理模式

利用氧化塘的藻类共生体系以及土地处理系统或人工湿地中的植物、微生物净化粪便中污染物，可以利用荒废的河道、沼泽地、峡谷、废弃的水库等地段，利用黏土层或修建覆膜式人工氧化塘，其污水处理与利用生态工程的基建投资约为相同规模常规污水处理厂的 1/3~1/2。氧化塘处理后的粪水，可用于农业灌溉，也可用于水生植物和水产的养殖。图 1-2-5 为氧化塘处理模式。

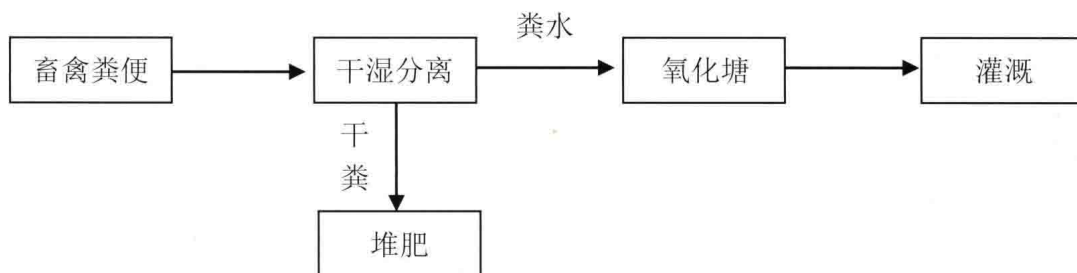


图 1-2-5 氧化塘处理模式

（三）沼气工程模式

沼气技术是依据生态学原理，以沼气池建设为纽带，将养殖业、种植业、生活与生产有机肥结合起来，通过优化和充分利用土地、设施、粪便、太阳能等资源，使农业生态系统内使各种物质达到良性循环，多级转换利用，实现农业生产的优质、高效、低耗。简单地说，就是养殖场通过建沼气池，把粪便、秸秆等废弃物排入池内，进行厌氧发酵，产生沼气、沼液、沼渣，沼气可供发电发热，沼液和沼渣再经过处理后还田，为种植农田、蔬菜、果园提供肥料。图 1-2-6 为以沼气工程为核心的处理模式。

1. 沼气工程—还田模式

沼气工程还田模式是一种典型的种养结合模式。根据清粪工艺的不同，沼气工程还田模式存在一定的差异，大部分是将粪便通过固液分离，固体直接用于还田或堆肥后还田，分离后的粪尿冲洗水通过封闭管网进入沼气工程，沼渣沼液用于还田。还有一部分采用水冲粪和水泡粪工艺的猪场，也可将混合粪便直接用于厌氧消化，产生的沼渣、沼液进行还田处理。

根据粪水中的养分含量和作物生长的营养需求，将粪水无害化处理后进行施用，可充分循环利用粪便中的营养物质，避免了直接施用容易引发的烧苗和烂根等问题，同时在发酵过程中能杀死病原菌和寄生虫卵，保障了肥料的安全性。有研究人员对比分析了鲜猪粪和沼渣的养分含量和病菌量，结果表明沼渣中的蛔虫卵死亡率达到 99%，未检出大肠杆菌，与鲜猪粪相比，营养元素没有损失，可作为充分腐熟的优质有机肥施用。

该模式适合于周围有足够自有土地来消纳沼液或与周边农户签订肥料使用协议的规模养殖场，特别是周边种植常年施肥作物，如蔬菜、经济作物的地区。一般来说，每 5 头