
附件 3、

《畜禽养殖污染防治最佳可行技术指南》

（试行）

编制说明

（征求意见稿）

《畜禽养殖污染防治最佳可行技术指南》编制组

二〇一一年五月

目 录

1. 任务来源.....	1
2. 指南制定的必要性.....	1
3. 指南编制的原则和技术依据.....	2
3.1 编制原则.....	2
3.2 编制依据.....	2
4. 主要工作过程.....	3
4.1 技术路线.....	3
4.2 实施方案的确定与调研.....	4
4.3 指南初稿的编制.....	4
4.4 指南征求意见稿的编制.....	4
5. 国内外相关环境技术管理体系研究概况.....	4
5.1 美国环境技术管理体系.....	5
5.2 加拿大环境技术管理体系.....	9
5.3 欧盟环境技术管理体系.....	11
5.4 日本畜禽业环境管理体系.....	14
5.5 我国环境技术管理体系工作进展.....	14
5.6 国外经验对中国的借鉴意义.....	15
6. 畜禽养殖行业调研情况及备选技术介绍.....	15
6.1 养殖场清洁生产水平及主要环境问题调研情况.....	15
6.2 畜禽养殖污染防治备选技术介绍.....	25
7. 最佳可行技术的确定.....	32
7.1 污染防治最佳可行技术的确定原则.....	32
7.2 评估方法和筛选过程.....	32
7.3 最佳可行技术评估结果.....	36
8. 指南实施建议.....	38

1. 任务来源

为贯彻执行《中华人民共和国环境保护法》，加快建立环境技术管理体系，进一步增强环境管理决策的科学性，提供环境标准制定与实施的技术支持，引导污染防治技术的发展，根据《国家环境技术管理体系建设规划》，环境保护部组织制定污染防治技术政策、污染防治最佳可行技术指南、环境工程技术规范等系列技术指导文件。

《畜禽养殖污染防治最佳可行技术指南》是环保部组织制定的污染防治最佳可行技术指南（以下简称“指南”）系列指导文件中的一部分，由清华大学承担编制工作，参编单位为北京市环境保护科学研究院、北京德青源农业科技股份有限公司。

2. 指南制定的必要性

近年来，我国养殖业发展呈现两大趋势：一是在农业总产值中占的比重增大，二是向规模化养殖发展。目前，我国已成为世界最大的肉、蛋生产国，禽肉、猪肉、鸡蛋产量均居世界第一。据统计，2006年全国畜牧业收入占全部农业总收入31.4%，全国畜禽存栏总量已超过10亿头，全国现有猪、牛、鸡三大类畜禽规模化养殖场约391万处。1983年至2006年的20年间，我国的肉、禽、蛋、奶等类食品的供应量得到迅速增长，其中：肉类从1402万吨/年增长到8051万吨/年，增长了4.7倍；禽蛋的产量从332万吨/年增长到2946万吨/年，增长了7.8倍；奶类的产量从不足300万吨/年增长到3303万吨/年，增长了近10倍；水产品的产量从546万吨/年增长为5290万吨/年，增长了8.7倍。

作为世界第一的畜禽养殖大国，我国养殖污染问题十分严重。据统计，目前我国畜禽养殖业每年产生约30亿吨粪污。由于畜禽养殖业大多分散于我国广大农村和城镇周围，环境污染十分惊人。随着养殖行业集约化程度的提高，下一阶段我国畜禽污染将主要来自于集约化养殖场和养殖小区，预计到2015年，我国仅规模化养殖场畜禽粪便产量将达到32.5亿吨。规模化畜禽养殖场污染物的排放具有集中度高、排放数量大、污染物浓度高等特点，带来了不容忽视的环境污染问题，并成为阻碍畜禽养殖业持续稳定发展的重要因素。

本指南是环境保护部开展环境技术管理体系建设、展开试点行业环境技术管理体系建设和完善工作，开展第一批试点行业污染防治最佳可行技术指南工作的一部分。编制本指南的主要目的是帮助企业选择合理的污染防治技术，为畜禽养殖业全面提升环境保护水平、实现节能减排目标提供技术支撑，本指南的编制意义在于：

（1）畜禽养殖行业的可持续发展必须对环境进行综合防治，而污染治理技术是其中的关键。污染综合防治技术，实际上是生产全过程中清洁生产及污染物治理技术的合理整合，即在先进可行的节能和环保技术的基础上，选择合理高效的污染物治理工艺。最佳可行技术是通过对比畜禽养殖场污染综合防治技术的筛选、评估得到的。

（2）实现节能减排目标。对污染防治技术管理提出更高要求，国务院批准的《节能减排综合性工作方案》明确提出“十一五”主要污染物排放量减少10%，城市污水处理率不低于70%。固废综合利用率达到60%以上，加强污染防治技术管理是实现节能减排目标的重要支撑，污染防治最佳可行技术指南的编制是加强污染防治技术管理的重要内容。

（3）循环经济的主要特征是废物的减量化、资源化和无害化。资源节约和有效利用，以减少资源投入，实现废物减量化，对废物进行综合利用达到资源化和循环利用。畜禽养殖场在农村地区及城乡结合部是对污染物贡献量较大的行业之一，筛选和评估对污染物减排和治理技术对实现畜禽养殖行业可持续发展，加快循环经济发展，实现总量控制目标和污染物

消减目标，消除和减轻环境污染局面都具有重要意义。

(4) 促进行业先进污染防治技术的推广应用和发展。通过技术筛选和评估，淘汰落后的生产工艺和污染防治技术，鼓励采用污染防治最佳可行技术，使先进的污染防治技术得以广泛地推广应用。

综上所述，制定《畜禽养殖污染防治最佳可行技术指南》是十分必要的，该指南不仅是我国环境技术管理体系的重要组成部分，也是指导企业和环保部门对污染物进行减量化、无害化、资源化（三化）处理与合理利用选择技术的重要依据。

3. 指南编制的原则和技术依据

3.1 编制原则

本指南在编制过程中遵循了以下原则：

(1) 立足我国实际，与国际接轨。充分借鉴发达国家（如美国、欧盟等）畜禽养殖污染防治管理体系的成功经验，并结合我国实际，编制适合我国国情的畜禽养殖污染防治最佳可行技术指南。

(2) 科学性与实用性相结合。通过对畜禽养殖行业生产现场调研，摸清畜禽养殖污染防治工艺技术和设备水平、资源能源利用水平、污染物产生指标、废物回收利用指标和环境管理水平，并进行技术经济比较分析，筛选确定不同条件下的畜禽养殖污染防治最佳可行技术，使指南具有较强的科学性、指导性和可操作性。

(3) 以国家的环保技术政策为依据。在污染物末端治理、清洁生产、发展循环经济和节能减排实施过程中，国家制定了一系列技术政策，编制污染防治最佳可行技术指南应以这些技术政策为依据。

(4) 确保污染物排放标准达标和清洁生产标准达标。采用污染防治最佳可行技术的目的是为了排放达标和清洁生产达标，所以最佳可行技术的设定、筛选和评估应满足上述两个标准的要求。

3.2 编制依据

本指南编制过程中，参考了如下法律、法规、相关政策、标准等文件，具体包括：

3.2.1 国家环境保护的相关法律、法规

- ◆ 《中华人民共和国环境保护法》；
- ◆ 《中华人民共和国环境影响评价法》；
- ◆ 《中华人民共和国大气污染防治法》；
- ◆ 《中华人民共和国水污染防治法》；
- ◆ 《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》；
- ◆ 《中华人民共和国清洁生产促进法》；
- ◆ 《中华人民共和国节约能源法》；
- ◆ 《畜禽养殖污染防治管理办法》（第9号令）。

3.2.2 行业相关标准、规范和管理办法

- ◆ 《畜禽养殖业污染物排放标准》（GB 18596-2001）；
- ◆ 《畜禽养殖业污染防治技术规范》（HJ/T 81-2001）；
- ◆ 《规模化畜禽养殖场沼气工程设计规范》（NY/T 1222）；

- ◆ 《畜禽粪便无害化处理技术规范》(NY/T 1168);
- ◆ 《城市粪便处理(场)设计规范》(CJJ 64)
- ◆ 《畜禽养殖业污染物排放标准》(GB 18596)
- ◆ 《禽粪便无害化处理技术规范》(NY/T 1168);
- ◆ 《沼气工程技术规范》(NY/T 1220-2006);
- ◆ 《城市生活垃圾好氧静态堆肥处理技术规程》(CJJ/T 52);
- ◆ 《畜禽养殖业能源环保站运行维护及其安全技术规程》(农业部);
- ◆ 《规模化畜禽养殖场沼气工程运行、维护及其安全技术规程》(NY/T 1221-2006);
- ◆ 《城市粪便处理厂运行、维护及其安全技术规程》(CJJ/T 30);
- ◆ 《粪便处理设施运行管理规范》(DB 11/T 269);
- ◆ 《高致病性禽流感疫情处置技术规范》(试行);
- ◆ 《城市生活垃圾堆肥处理厂运行、维护及其安全技术规程》(CJJ/T 86);
- ◆ 《生活垃圾堆肥厂运行管理规范》(DB 11/T 272);

4. 主要工作过程

4.1 技术路线

主要研究路线为:编制工作计划及编制大纲—国内外资料调研—典型畜禽养殖污染防治技术现场考察和书面调研—调研数据、资料汇总和分析—编制指南初稿—召开座谈研讨会—经反复论证提出指南征求意见稿。

本项目技术路线如下图:

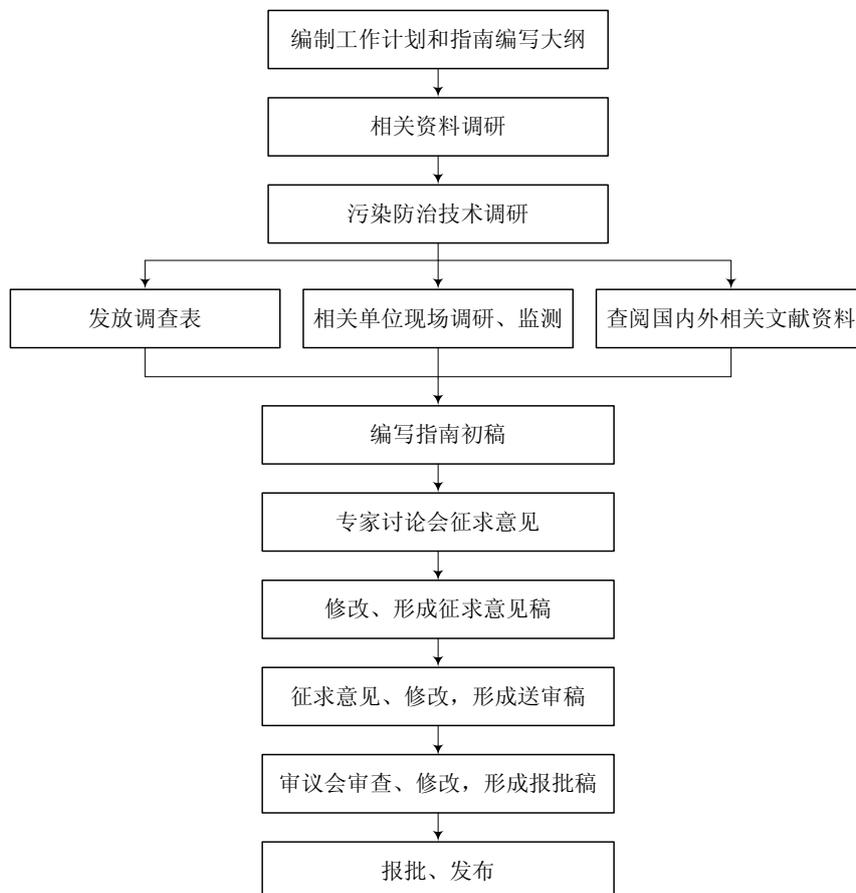


图 4-1 最佳可行技术指南工作流程

4.2 实施方案的确定与调研

(1) 指南项目于 2008 年立项并组建成立编制项目组。通过检索国内外最新发布的相关技术指南、收集相关的技术资料,进行学习,消化吸收,并对编制的指南体例及内容进行研究,最终确定了编制项目的实施方案和研究报告编制大纲,以及承担单位与各协作单位的工作任务。

(2) 2008 年 6 月 25 日,环境保护部科技标准司在北京主持召开了《畜禽养殖污染防治最佳可行技术导则》实施方案论证会。与会专家听取了任务承担单位的实施方案汇报,并审阅了相关资料后,经讨论一致认为项目的实施可为环境管理、技术部门开展环境影响评价、项目可行性研究、环境监督执法、环境标准制修订等工作提供技术支持,也能为行业推进最佳可行技术的选择和运用提供技术指导,对我国畜禽养殖业环境管理十分必要;且项目实施方案确定的指导思想正确、目标明确,技术路线合理,可操作性强。专家组一致同意通过实施方案论证,并建议开展相关工作。

(3) 2008 年 7 月~2009 年 1 月,依据实施方案,项目组分别对国内典型畜禽养殖专业户、畜禽养殖场及养殖小区的生产工艺及污染防治情况进行了调研,调研对象的选择是在综合考虑地域差别(南方、北方、沿海城市)、养殖类型、养殖规模、污染控制技术等因素的基础上确定的。调研方式包括问卷调查、现场调研考察、与行业协会和行业专家交流等多种形式。

4.3 指南初稿的编制

2009 年 1 月~2009 年 8 月,在对调研资料进行整理和补充后完成了指南初稿的编制;并通过内部讨论和召开专家讨论会的方式对《指南》初稿内容进行不断完善。在此期间,召开了多次内部讨论会、1 次中期绩效考评专家审查会检查会议,1 次专家咨询会。

2009 年 9 月 1 日,召开的项目中期绩效考评专家审查会会议中,专家一致认为该项目按预定目标执行情况良好,并取得了阶段性研究成果。同时也建议项目组加大和充实基础数据。

4.4 指南征求意见稿的编制

2009 年 9 月~2010 年 6 月,根据专家咨询会和项目中期绩效考评专家审查会的意见,项目组对指南初稿体例进行了调整,补充数据,完善内容,形成了指南的征求意见稿。

2010 年 7 月 14 日召开专家咨询会,对指南征求意见稿内容征求专家意见。在此次专家咨询会中,论证专家委员会认为《指南》编制组对国内外畜禽污染防治技术做了全面的调研,广泛参考了国内外相关资料,《指南》初稿编制原则正确,内容丰富,提出的技术路线方案基本可行。并提出一些具体意见。

会后,项目组根据专家意见,对指南征求意见稿进行了认真修改,形成《指南》征求意见稿。

5. 国内外相关环境技术管理体系研究概况

畜禽养殖环境污染问题是发达国家和发展中国家共同关心的问题。早在 60~70 年代,世界上许多畜牧业发达的国家和地区,就出现了畜禽粪便污染问题。在畜禽高度密集的地区,畜禽废弃物已成为主要的环境污染源。例如,荷兰南部地区畜牧业密集度最高,结果造成畜禽粪便量大大超过农田生产施用量,从而引起粪便硝酸盐污染。据报道,荷兰每年粪便总产

出量为 9500 万吨，其中过剩 1500 万吨；比利时每年粪便总产出量 4100 万吨，过剩 800 万吨；法国的布列塔尼省，集中了全国集约化畜牧业的 40%，该地区从 80 年代初只有一个地区公用水硝酸盐含量超过饮用水标准，逐步发展到目前 6 个地区饮用水超标，21 个地区接近超标；1980 年日本全国发生的公害案件中，养猪场和养鸡场造成的环境污染案件即达 5392 起，占公害案件的 8.3%，日本早于 60 年代就用“畜产公害”概括了畜禽养殖业污染这一严重局面。

目前，世界上许多发达国家和地区制定了相关的法律、法规或规定，有效地遏制了畜产公害事件的发生。如有关法律、法规规定了一个生产点的最高允许养畜头数；粪便和污水的贮存、处理和利用设施的建立；污水的排放去向；粪肥施入耕地的条件等，同时还制定了相应的处罚条例。通过法律制约(一般体现在水质保护、恶臭防治和废弃物处理几个方面)和严格的监管，很快收到效果。

消除畜产公害，防治畜牧污染，已引起了越来越多的国家和地区的重视，尤其是发达国家已经把畜牧污染的防治法规列入了国家法律范围之内。芬兰是最早开展畜禽粪便污染防治立法的国家，而立法最多的是日本，自 1970 年先后公布了 7 个有关的法律。此外美、加、德、英、法、韩、丹麦、荷兰、比利时、挪威等国都有这方面的法律、法规。

5.1 美国环境技术管理体系

美国以技术法规作为制定、实施环境质量和排放标准的基础，针对不同的工业部门制定不同的技术标准，并以此为基础再颁布各自相应的排放限值指令，从而实现了对污染物排放的有效控制。美国 EPA 目前已在水领域建立了 53 个行业的指南和标准，在大气方面完成了重点污染源治理技术标准，并开始制定针对面源的指南和标准。

美国的环境技术政策目前已在水污染防治和大气污染防治等领域得以应用。以水污染防治技术政策为例，在美国清洁水法（CWA）中技术政策分为两类，一类是针对常规污染物，分别给出最佳可行控制技术（BPT）和最佳常规污染物控制技术（BCT）；另一类针对毒性污染物，分别给出最佳经济可行技术（BAT）和现有最佳示范技术（BADT）。基本上形成了以基于污染控制技术的排放标准管理为主，以水质标准管理为补充，以总量控制和排污许可证为主要内容的水污染防治机制。

确立了基于污染控制技术排放标准的法律地位，遵守该标准是点源获得排放许可证的起码条件。以基于污染控制技术的排放限值和基于水质标准的限值中严者作为许可证规定的排放限值。

美国环保局以“现有最佳企业平均表现水平”来决定 BPT 技术，可以说 BPT 技术是现有企业在经济上能承受的最低控制水平。而 BCT 是在同时考虑能源、环境、经济和其他成本的前提下，现有的能够使其向环境中排放的污染物量达到最少的可行技术。对常规污染物来讲，BCT 与 BPT 相比，更多地强调了经济代价和环境效益二者之间的“合理性”。根据 BCT 确定的排放限值比 BPT 排放限值要严一些，给出的达标时间相对长一些。

BAT 是针对现有污染源有毒物质和非常规污染物提出的，与 BPT 确定的排放限值比较，BAT 排放限值要严得多。现有最佳示范技术（BADT）是经示范证实并已经实践验证过的最佳可用技术、工艺、方法和其他措施。BADT 适用于新排放源，是强制其执行的技术，处理标准高于现有的排放源。

美国政府近年来在治理畜牧业环境污染方面采取了一系列的政策和措施，取得了一定经验，值得我们借鉴。

5.1.1 美国环境污染控制政策类型

美国环境政策与法规一般分为强制令、无计划性干预、计划性不干预、计划性干预、负激励等类型。

(1) 强制令

强制令是指政府环境保护部门对排放污染企业的具体污染控制技术,强制企业采纳,以使污染控制在所规定的标准以内。对超额排放污染者实行经济制裁(如罚款)或勒令企业停止生产。这种政策主要用于治理点源污染的情况,在美国已经运用 20 多年。可以说,这一政策对治理美国点源污染发挥了重大作用。

(2) 无计划干预

无计划干预是指政府对于某一环境污染现象的干预是无计划的。由于政府政策的制定者对某种污染现象的严重性尚未引起足够的重视,但这种污染现象却造成了严重的后果,公众的强烈呼吁迫使政府执法部门出面对这种污染结果进行追究和处理,使这种污染问题不再继续发生。

(3) 计划性不干预

计划性不干预是指在已知某畜牧生产企业在生产过程中造成环境污染的情况下,环境保护部门并不直接对该畜牧场的生产活动进行干涉,而是通过与生产者开展对话,进行说服教育,启发生产者保护环境的自觉性,从而克制他们的污染生产水平。然而这种缺乏经济制裁的环境治理手段,其有效性是十分有限的。总有一些污染生产者不顾执法部门的说教,继续其排污行为。

(4) 计划性干预

计划性干预是指政府环保部门对生产污染企业提供一定的经济财政支持,改善其污染控制技术。使企业在规定的时期内将排污水平降低到所规定的标准内。这种经济刺激手段包括成本分摊、价格支持以及减税或免税。例如,佛罗里达州政府就采取了这种经济刺激政策来减少由奶牛生产粪便所造成的磷污染问题,收到明显的效果。当然,这种政策的成功性仍然部分地取决于生产者治理污染的自觉性。因为企业仍然需要投入一定数量的资本用于治理环境污染。

(5) 负刺激手段

负刺激手段是指政府环境保护部门要求企业购买一定数额的债券或保险金,用于补偿企业在生产过程中可能造成的环境污染损失。负刺激政策还包括交纳环境税和排污费。污染税标准的确定是一个十分复杂的问题,需要进行复杂的计量经济测算。企业污染税标准应提高到这样一种水平,使得生产者能够愿意通过追加环境污染控制投资来改进生产技术,从而减少污染的排放量。

5.1.2 美国各级政府制定的关于防治畜禽污染的环境保护政策

5.1.2.1 美国联邦政府的环保政策

(1) 净水法案(CWA)

美国国会于 1972 年颁布了一项净水法案,并委托美国国家环保局(EPA)负责执行这项法案。净水法案的核心内容是,不经 EPA 批准,任何企业不得向任一水域排放任何污染物。而且该项法律将畜禽养殖场列入污染物排放源。随后,美国环保局还建立了污染物排放制度。在这两项规定中都对畜禽养殖业生产规模给予了认真的考虑。比如,畜牧生产企业牲畜存栏

头数在 1000 个畜牧单位以上(相当于 2500 头肉猪)，通过人为或间接地将污染物排入水域，被定义为集中饲养畜牧业(点污染源)。

最初，联邦政府规定的企业污染物排放制度对饲养牲畜头数在 1000 个畜牧单位以上但不向水域排放污染物的企业不需要领取排污许可证，因为这种企业不被认为是点污染源。净水法案于 1978 进行了修改和补充。修改后的净水法案反映了政府对非点源污染控制方面的一些主张。集中畜牧饲养业的定义改为，任何畜牧饲养企业只要饲养牲畜数量在 1000 个畜牧单位以上就被认为是点污染源。

美国环境保护局的多项研究表明，农作物生产和畜牧业生产是美国最主要的非点污染源，并强烈要求国会除对既定的全国统一的排污收费许可证制度进行修改外，还需要在净水法案中增加农业环境污染的控制内容。但对如何控制非点源污染问题，联邦环保局还没有制定具体的政策。有关非点源污染控制的具体政策主要依靠州一级政府制定。

(2) 联邦水污染法

美国《联邦水污染法》中的规定侧重于畜牧场建场管理：

- ◆ 规定 1000 标准头(如 1000 头肉牛，700 头奶牛，2500 头体重 25kg 以上的猪，12000 只绵羊或山羊，55999 只火鸡，18000 只蛋鸡或 29000 只肉鸡)或超过 1000 标准头的工厂化畜牧场，必须得到许可才能建场，表 5.1 为美国 IOWA 州制定的畜禽场最小隔离距离；
- ◆ 1000 标准头以下，300 标准头以上的畜牧场，其污水无论排入贮粪池，还是排入水体中均需得到许可；
- ◆ 300 标准头以下，若无特殊情况，可不经审批。

表 5.1 IOWA 猪、羊、马、家禽场的最小隔离距离

动物废弃物贮存方式	整场活重 ×10 ³ Kg	居民区 /m	公共场合及建筑物 (政府、学校、教室、 商业) /m	表面饮用水源 及农用灌溉水 源/m	可航行用的 湖、河、溪 /m
厌氧池	< 284	380	380	150	60
无覆盖的地下坑池	> 284	570	570	150	60
	> 568	760	760	150	60
	> 908	0	0	150	60
无覆盖的混凝土	< 284	380	310	150	60
贮存设施	> 284	570	460	150	60
	> 568	760	610	150	60
密闭式建筑物	<908	0	0	150	60
有覆盖的地下坑池	<284	380	230	150	60
覆盖的混凝土贮存设施	>284	570	310	150	60
清洗用水	>568	760	460	150	60

(3) 可持续的农田和畜牧业饲养场实施法规

美国众议员 George Miller 提出的可持续农田和畜牧业饲养场实施法规(H.R.3232)比环保局的政策更为严格。该法规拟将畜牧饲养场的阈值削减 50%，从而使更多的畜牧饲养场列为点污染源。此项议案拟在 10 年内逐步淘汰密集畜牧饲养场所使用的露天氧化塘，并确保在 3~5 年内一切现有和新建的氧化塘以及其它粪便系统将加衬垫和予以妥善设置，从而防止这些设施对地面和地下水产生影响。此外，该议案要求大型饲养场采用干燥的粪便储存系

统。该议案也要求环保局制定可在土地上与肥料同时施用畜牧废物的限值，使所施用的有机和无机物总量不超过作物的营养物阈值。

5.1.2.2 州一级政府的环境保护法规

畜牧业环境污染控制法规是由联邦政府制定的，原则上联邦政府政策只是对某些州的环境提出质量标准。而对实现环境质量标准需要采取哪些政策措施，州一级政府则会制定出更为详细的规章制度。也就是说州一级政府在制定和执行这些法律中发挥着重要作用。而且，各州政府也有自己的环境保护法，部分州政府的环境保护法比联邦政府的法规更加严格。

以依阿华州为例，负责水、空气质量管理的部门是自然资源局和环境保护委员会。这两个政府组织负责制定和监督全州水和空气的质量标准。自然资源局对畜舍建筑标准和获得畜牧业经营权制定了一系列的规章制度。环境保护委员会则对各种畜牧企业在生产过程中所采用的粪便、废水处理设施和操作程序提出了十分具体的要求。

(1) 畜牧业经营许可证

露天敞开畜舍饲养牲畜数量在 1000 个畜牧单位以上的需要申请经营许可证，除非经营者能够提出书面证明，由于地形地貌等自然原因，该畜牧饲养场不会向州内任何水域排放污染物。目前获得畜牧生产经营许可证的申请费用为 3000 到 5000 美元。

(2) 建筑许可证

对采用封闭式畜舍，饲养牲畜数量少于 200 个畜牧单位并用土坑作为粪便贮存设施的畜牧企业不需要申请建筑许可证。对采用同样的牲畜粪便贮存设施，但饲养牲畜数量达 200 个畜牧单位以上者需要申请建筑许可证。采用厌氧粪便池作为粪便贮存设备的生产企业必须申请建筑许可证。采用地上粪便贮存池技术，饲养 2000 个畜牧单位以上的畜牧企业需要申请建筑许可证。任何畜牧饲养场的粪便处理设施的工程设计必须符合联邦政府和州政府的规定标准。

(3) 粪便的土地利用限制

依阿华州自然资源局与水质委员会对土地施用粪便标准提出了如下指导性意见：

- ◆ 第一年每亩作物地施用氮肥的最大数量不得超过 400 磅；
- ◆ 以后每年氮肥的施用量应控制在 250 磅以下；
- ◆ 每亩地磷肥的施用量不能超过作物所能吸收的水平。

虽然这些建议还未能对生产者构成法律上的约束，但对牲畜粪便的土地利用方式起到了一定的限制作用。

近年来，美国政府对养猪场的环境保护格外重视，政府对猪场粪污的管理和要求很严格，尤其对大规模猪场。例如，在养猪者向所在州政府申请建一定规模猪场时，政府要求业主需有一定面积的土地供消纳粪污；在允许使用粪污做肥料之前，养猪场需派人到政府所委托(授权)的州立大学去培训，经培训合格方可获得有关证书。

目前，大多数的美国猪场已经或即将面临严格的限制，即要求经处理合格的猪场废水也不允许进入场外的任何水体，这就意味着不能有一滴猪场废弃物离开场区。而且美国对畜牧场造成污染后的处罚相当严格，各州环保部门一般采用下列两种方法：

- ◆ 每天罚金 100 美元以上，直至污染排除为止；
- ◆ 可先清除污染，所费用由造成污染的的污染者负担。

5.1.2.3 地方环境管理条例

在美国,许多市和县级政府都制定了一系列的地方环境保护法。这些法律构成了继联邦政府和州政府环境法之后的第三层法规。这些法规更能反映当地社会团体的环境保护意愿和要求。如区划和土地利用原则对控制牲畜饲养数量提出了一系列的具体要求,以防止牲畜粪便的集中生产。

- ◆ 畜牧企业规模与土地面积相适应:即牲畜的饲养规模应该与农场主拥有的土地面积相适应,以保证生产者有足够的土地用于处理牲畜粪便;
- ◆ 规定了禁养和其它农业生产活动区域;
- ◆ 缴纳环境污染债券:有些县政府规定养猪者,在修建猪舍之前交付一定数量的债券,用于治理由环境污染可能带来的破坏后果。

总之,美国在畜牧业环境污染控制方面的政策可以归纳为,国家在总的法律条文中进行概括性陈述,在各州一级的环境立法中制度化,在下一级的地方政府法律法规条文中突出并细化,从而构成了控制畜牧环境污染的三位一体式的环境管理框架,使得畜牧业环境污染得到有效控制。

5.2 加拿大环境技术管理体系

5.2.1 畜禽养殖业的环境管理

加拿大对畜禽养殖业环境污染的管理主要集中在各联邦省,由各联邦省制定本辖区畜禽污染控制措施。目前畜禽粪便环境污染的管理还没有专门法规,但为了加强畜禽污染防治工作,由各省制定畜禽养殖业环境管理的技术规范(图 3.1),主要针对水源的污染、臭气的散发、土壤中磷、氮的污染等问题。如萨斯卡彻温省政府在 1995 年由省农业部颁发了《牧场粪便管理办法》。《办法》中对牧场的污染和废弃物的管理做了详细的规定。

加拿大政府认为畜禽养殖场建设是控制畜禽污染的重要措施,通过对畜禽养殖场建设的管理,也就控制了畜禽养殖污染的源头。为此,加拿大实行了新办牧场审批制度。凡新办牧场,在申报表中必须注明牧场所在的地貌条件、与水源的距离、可消化粪便的土地面积、土壤养分平衡条件、化粪池容积、死亡畜禽的管理情况等内容。

(1) 确定最小间隔距离(MDS)

在畜禽养殖场建设的管理中,其管理的关键是畜禽养殖场距邻近建筑的最小间隔距离。拟建或扩建畜禽养殖场场主必须向市政主管部门提出申请,由主管部门根据畜禽建设规模和养殖场周围的环境状况,确定最少间隔距离。

(2) 制定营养管理计划(NMP)

如果新建或扩建的畜禽养殖场符合最少间隔距离,农场主还必须制定营养管理计划。其内容主要包括畜禽养殖场对畜禽粪便的贮存、使用所采取措施等计划。如肥料贮存池的建设应符合环境管理技术规范要求;必须有充足的土地对产生的粪便在规定的面积范围内消化;如果本农场没有充足的土地消化产生的粪便,必须与其他农场签定使用畜禽粪便合同,以确保产生的粪便能得到全部使用等。

(3) 需经评审

农场主编制的营养管理计划必须提交市政主管部门或由第三方进行评审,如果营养管理计划符合规定要求,将同意建设或扩建畜禽养殖场,发放生产许可证。若申请表中资料不全,或周围群众大多反对就不准办场。

5.2.2 畜禽养殖业的环境管理技术规范

加拿大各省制定畜禽养殖业环境管理技术规范,其目的就是向新建及扩建集约式畜禽饲养场提供指导,包括:粪肥管理的指导;如何保护地下水、地表水及土地资源;减小畜禽饲养对环境及土地的影响;降低集约式畜禽饲养的不利影响;为畜禽饲养者和市政官员提供解决矛盾的参考;为市政机构提供有关使用土地的规律和政策指导;提高公众信心等。

各省制定的畜禽养殖业污染防治技术规范在出台初期是志愿性的,但随着环境管理的加强,近年来畜禽养殖业环境管理技术规范已成为各畜禽养殖场必须强制执行的技术性文件。畜禽养殖业环境管理技术规范主要包括以下几方面内容:

5.2.2.1 畜禽养殖场选址及建设

加拿大各省对畜禽养殖场选址极为重视,为防止畜禽养殖场对周围居民的影响,畜禽养殖场与周围居民建筑之间必须符合最少间隔距离(MDS)。最少间隔距离与畜禽养殖场的养殖类型和规模有关,养殖规模越大,最小间隔距离越远;另外还与养殖场所周围环境的人口密度、环境功能类型等因素有关。

为防止污染和臭气散发,一般要求牧场必须远离城镇和村庄 800m 以上。

5.2.2.2 畜禽粪便土地利用(处理)要求

加拿大对畜禽粪便主要采取土地消纳的政策,通过有效的管理解决畜禽粪便污染问题。根据牧场规模不同,对粪便施放的要求也不同。如:饲养 30 头以下母猪(或 500 头肥猪),可随时把粪便直接撒到地里;30~150 头母猪就要每 2 周撒施 1 次;150~400 头母猪的规模要有贮粪池,每半年撒 1 次;400 头以上规模则要建化粪池,每年只能撒施 1 次。

5.2.2.3 畜禽粪便的贮存

对于粪便存储池,主要从以下三方面提出技术要求:

(1) 场址的选择:

粪便贮存场址的选择要考虑对地下水的影响。其地下水埋深、洪水发生可能、土壤渗透性等应符合规定的要求;

(2) 污染防止的要求:

贮存池要有防渗措施,以防止粪肥贮存过程中对地下水污染的影响。若粘土层上建粪池,可直接建造土坑,也可用一层不渗水的塑胶膜填在坑内;

对沙土建粪池,要求用水泥或玻璃钢做成不渗流的贮粪池。贮粪池一般都为露天,上面无雨蓬,这与当地降雨量少有关;

(3) 池容的要求:

粪便贮存容积要满足要求。贮存池的设计容量必须达到能够容纳 9 个月粪便的贮存量。

5.2.2.4 畜禽粪便的土地利用

畜禽粪便的土地使用是解决粪便污染的有效措施,但畜禽粪便的土地使用也会造成对环境的面源污染。因此为了安全使用畜禽肥,在技术规范中,规定应根据当地土壤性质、肥力状况、水文条件,制定该地区具体的畜禽粪便使用方法、使用量、使用次数和使用时期。

例如,2000 年阿尔伯塔省颁布的《畜禽发展及粪便管理实施规范》(取代 1995 年发布的《动物粪便安全经济处理实施规范》)中规定:

(1) 应在对邻居的气味影响最小时施用粪便,如:利用有利天气播撒粪便,风等能很好地帮助掩盖臭味,并减小养分损失;

(2) 粪便应在施用的 48 小时内混入土地，耕地、犁地和直接溶入土壤是可行的混合方法；

(3) 除非播撒粪便土地的负责者能够证明播撒不会对地下水和地表水产生负面影响，或不会产生大的臭味，否则绝不能在冰雪覆盖的土壤上播撒粪便等。

(4) 要求土地面积与粪便总量相平衡，一般要求每公顷土地的猪粪尿用量为 57~114t，或 1 亩地用 2 头育肥猪的粪便。一个年出栏 5000 头的育肥猪场起码要 600 亩土地消化粪肥，如果自己无足够土地，可用邻居土地进行调节。

加拿大的畜禽养殖业环境管理技术规范对畜禽养殖场的污染技术指导极为重要，如果畜禽养殖场违反规范要求而造成环境污染事故，将由地方环境保护部门依据“联邦渔业法”及本省有关法规中的条款对产生的污染事故进行处罚。

5.2.3 畜禽养殖污染治理思路

加拿大对畜禽污染的治理以畜禽粪便的利用为主，实现畜牧业与农业的高度结合，产生的粪便及污水经还田得到利用，基本没有污染物的排放，无需投入大量污染治理设施。在一些邻近城市的集约化养殖场，产生的污水也经处理再进入城市污水管网，粪便经堆肥发酵后还田使用或生产成商品有机肥。

(1) 固液分离：加拿大牧场大多采用粪尿混合的清粪方法，粪尿冲洗到贮粪池后用机械分离干湿粪，干粪作为商品肥原料，湿粪用做于堆肥；

(2) 畜禽污水处理：首先进行畜禽粪便的干湿分离，再进入好氧曝气池处理。经曝气处理后的污水，污染物排放指标下降 30% 左右后，再进入城市污水管网进行处理。加拿大由于禁止将畜禽污水排放到河流中，而是必须将液体肥料还田使用，无需花费大量的资金投入污水处理上；

(3) 堆肥发酵处理：这种处理方法在加拿大广泛使用。首先要建堆肥处理场，场地的大小根据畜禽粪便的量而定。堆肥场必须建防渗层，地面正常是水泥结构，也可用粘土层作为防渗层；堆肥内可埋设通气管；发酵场根据需要可建防雨棚，也可不建防雨棚。发酵的填料可用锯末、树叶、碎木片、秸秆等。粪便与填料充分混匀后，堆置在发酵场内，定期翻动，并不断通气和控制水分含量，整个发酵过程约需 2~3 个月；

(4) 防止臭气散发：大多数牧场为防止臭气散发污染环境，主要采用二种方法：

◆ 在贮粪池上喷撒干麦秸，以遮挡臭气，在当地干燥少雨的气候条件下，每季喷撒 1 次，即可达到良好效果

◆ 在贮粪池内加入适当添加剂，以减少臭味散发。

从加拿大畜禽污染的管理状况可以看出，对畜禽粪便环境污染的管理主要从畜牧业与农业的高度结合，并且以充足的土地进行消化作为解决畜禽污染的出发点。同时，加强对畜禽养殖场建设的管理，严格核发生产许可证；加强对畜禽养殖场环境污染的技术指导，畜禽养殖业环境管理技术规范是畜禽养殖场对污染防治管理强制性技术性文件。

5.3 欧盟环境技术管理体系

20 世纪 90 年代，欧盟各成员国通过了新的环境法，规定了每公顷动物单位(载畜量)标准、畜禽粪便废水用于农用的限量标准和动物福利(圈养家畜和家禽密度标准)，鼓励进行粗放式畜牧养殖，限制养殖规模的扩大，凡是遵守欧盟规定的牧民和养殖户都可获得养殖补贴。根据农场的耕作面积安装粪便处理设备，通过减少载畜量、选择适当的作物品种、减少无机

肥料的使用、合理施肥等良好的农业实践减少对环境造成的负面影响。

欧盟的环境技术管理，主要是根据欧盟综合污染防治（IPPC）指令 96/61/CE 的规定，以采用最佳可用技术（BAT）作为能够达到对整个环境进行高水平保护的重要工具。BAT 参考文件由欧盟委员会工作小组，各成员国的权威部门和专家共同起草，文件详细描述了迄今为止被视为最佳的污染防治技术，并且给出了通过应用 BAT 可能达到的污染物排放量和资源消耗量水平。IPPC 指令要求企业尽可能采用最好的技术，防止污染物的产生，或者把污染物的排放减少到最低，要求企业在运行之前必须得到许可并按照要求的程序运行。

IPPC 指令建立了一个综合性的许可证制度，以控制所有污染物的产生，并以此协调欧盟的环境法规，它已成为欧盟环境法规的核心内容。

欧盟 BAT 参考文件包含了能源、金属加工制造、矿石、化工、废物管理、纺织、造纸和食品工业等部门。

5.3.1 欧盟的养殖场相关标准

（1）水框架指令（2000/60/EC）

水框架指令是欧盟委员会迄今为止水的立法里最重要的一个文件。水框架指令要求所有的内陆水和海滨水在 2015 年之前都达到“良好的生态状况”。这个指令要求欧盟成员国，在其所有规定的流域设立并达到良好生态状况的水质目标，并识别确认现有基本的和辅助的措施来控制点源污染和扩散性污染。这个指令还设立了以下几个阶段：

- ◆ 识别和分类全部受控水体；
- ◆ 校验水质状况报告的数据（包括判断是否需要其它附加数据）；
- ◆ 制定每个水体的环境目标；
- ◆ 确定每个水体主要人为压力的类型和范围；
- ◆ 制定和执行基本和辅助措施计划以满足环境目标。

这一指令刚刚开始在欧洲各成员国实施，所以在执行上还没有什么经验，而且这个指令中还没有一个统一合理的排水区管理规划。但是，鉴于欧洲所面临的非点源污染问题严重，因此可以确定，欧洲的农民将会受到该指令的巨大影响。

（2）污染预防和控制综合指令（96/61/EEC）

欧盟有一套允许所谓“产业”设施的统一法规——污染预防和控制综合指令（96/61/EEC）。这些法规是根据 1996 年的污染预防和控制综合指令（IPPC）拟订的。该指令对某些种类的产业设施（指令的附件 1 有相关定义）提供了一个允许机制，但同时要求经营者和立法者对设施可能造成的污染和消耗进行综合全面的检查。这些设施包括猪和家禽的规模化饲养（定义为多于 40000 只家禽，2000 头猪或 750 头牛）。

在设施启动前，所有指令规定范围内设施的经营者必须从他们所在国的相关机构那里取得许可证。经营者要取得许可证还必须证明：

- ◆ 污染可以被避免或最大限度得到控制的；
- ◆ 废物的产生是被杜绝或受到最大限度限制的；
- ◆ 事故可以被避免或事故的影响可以最小化；
- ◆ 设施的关闭不会导致残留物污染；
- ◆ 能源被有效利用；

（3）采用了“最佳可行技术”（BAT）

欧盟委员会已经建立了一个与最适宜技术相关的信息交流论坛。这个论坛每年都要发放

一系列关于最适宜技术的材料。发放这些材料是为了给发证机构在审核具体的申请许可时提供一个信息参照，比如某设施的技术特点、地理位置和当地环境状况等。

有关家禽和猪饲养的最适宜技术涵盖了欧盟迄今为止关于家禽规模饲养的最新的交流信息（欧盟联合研究中心，2002）。这个全面、有深度的参考材料特别侧重于粪便管理规划的最适宜技术，包括：

- ◆ 影响粪便质量和构成的饲养策略；
- ◆ 把粪便从养殖棚舍运走的方法；
- ◆ 粪便的贮存和处理；
- ◆ 施肥。

更具体一点就是：

- ◆ 良好农业实践；
- ◆ 培训农民关于农业实践对环境的影响；
- ◆ 突发事件和/或事故的通知，比如，意外的过量施肥；
- ◆ 产品禁令。

大多数欧盟国家已广泛采用现有的产品登记计划，从立法方面禁止某些物质的使用。这些法律禁令主要控制的是杀虫剂特定有效成分（植物保护产品指令，91/414/EEC；COPR，1986），最近又开始控制生物灭杀剂（灭杀产品指令，98/08/EEC）和兽药产品（指令81/851/EEC）。

5.3.2 欧盟一些国家对畜禽粪便贮存和施用的相关规定

荷兰为了防止畜禽粪便污染，1971年立法规定，直接将粪便排到地表水中为非法行为。从1984年起，荷兰不再允许养殖户扩大经营规模，并通过立法规定每公顷2.5个畜单位，超过该指标农场主必须交纳粪便费。近几年的立法正根据土壤类型和作物情况，逐步规定畜禽粪便每公顷施入土地中的量。目前荷兰的大中型农场分散在全国13.7万个家庭，产生的畜禽粪便基本由农场进行消化。

丹麦为了减少畜禽粪便污染，也规定了每公顷土地可容纳的粪便量，确定畜禽最高密度指标；并规定施入裸露土地上的粪肥必须在施用后12小时内犁入土壤中，在冻土或被雪覆盖的土地上不得施用粪肥，每个农场的储粪能力要达到储纳9个月的产粪量。

英国的畜牧业远离大城市，与农业生产紧密结合。经过处理后，畜禽粪便全部作为肥料，既避免了环境污染，又提高了土壤肥力。为了让畜禽粪便与土地的消化能力相适应，英国限制建立大型畜牧场，规定1个畜牧场最高头数限制指标为奶牛200头、肉牛1000头、种猪500头、肥猪3000头、绵羊1000只和蛋鸡7000只。

德国则规定畜禽粪便不经处理不得排入地下水源或地面。凡是与供应城市或公用饮水有关的区域，每公顷土地上家畜的最大允许饲养量不得超过规定数量：即牛3~9头、马3~9匹、羊18只、猪9头~15头、鸡1900~3000只，鸭450只。

从表5.2可以看出，欧洲国家在养殖业废物管理方面有很多相似的地方，如规定畜禽粪便的贮存时间、禁止在秋冬季节施洒畜禽粪便、限定粪肥施用量等。

表 5.2 欧洲一些国家对畜禽粪便的贮存和施用的相关规定

国家	最少贮存时间（月）	最多容纳畜禽或粪便 N 含量 (kg·hm ⁻² ·a ⁻¹)	粪水能否在秋季入田
英国	4	250kg·a ⁻¹	允许

荷兰	6	210 kg.a ⁻¹	禁止
法国	4~6	150 kg.a ⁻¹	禁止
丹麦	9	2.3 只牛	禁止
芬兰		2.5 只牛	允许
德国	6	240 kg.a ⁻¹	禁止
意大利	4~6	170~500 kg.a ⁻¹	允许
挪威	8~10	2.5 只牛	限量
瑞典	8~10	2.5 只牛	限量

相比之下，英国在管理政策、法律法规方面更加系统、更加健全；荷兰在畜禽粪便的管理上更加具体和细化。总体上而言，各国都有不同的特点。由于《欧共体硝酸盐控制标准》的引进，将使欧洲各国的行动更加一致，所有这些法规、政策与措施将有助于整个欧洲环境状况的进一步改进。

5.4 日本畜禽业环境管理体系

20 世纪 70 年代日本养殖业造成的环境污染十分严重，此后日本制定了《废弃物处理与消除法》、《防止水污染法》和《恶臭防止法》等 7 部法律，对畜禽污染防治和管理做了明确的规定。如《废弃物处理与消除法》规定，在城镇等人口密集地区，畜禽粪便必须经过处理，处理方法有发酵法、干燥或焚烧法、化学处理法、设施处理等。《防止水污染法》则规定了畜禽场的污水排放标准，即畜禽场养殖规模达到一定的程度(养猪超过 2000 头、养牛超过 800 头、养马超过 2000 匹)时，排出的污水必须经过处理，并符合规定要求。《恶臭防止法》中规定畜禽粪便产生的腐臭气中 8 种污染物的浓度不得超过工业废气浓度。

为防治养殖业污染，日本政府还实行了鼓励养殖企业保护环境的政策，即养殖场环保处理设施建设费 50%来自国家财政补贴，25%来自都道府县，农户仅支付 25%的建设费和运行费用。

5.5 我国环境技术管理体系工作进展

作为全面落实温家宝总理在第六次全国环境保护大会上提出三个转变的具体措施，技术管理是法律的、经济的和行政的管理手段的基础和保障，2007 年环境保护部制定了《国家环境技术管理体系建设规划》，经过几年的努力，初步构建了以环境技术指导文件为核心的环境技术管理体系。项目启动以来，具体进展如下：

印发了《国家环境技术管理体系建设规划》、《污染防治最佳可行技术导则编制规划及指南》（试行）、《污染防治最佳可行技术导则制修订管理办法》（试行）《国家环境保护技术评估、示范管理办法》等管理文件。

截止 2011 年 4 月底已经发布了污染防治技术政策 22 项，污染防治最佳可行技术指南 6 项、环境工程技术规范 34 项，目前正在制定中的污染防治技术政策 21 项、污染防治最佳可行技术指南 19 项、环境工程技术规范 40 项。

从 2006 年起，每年发布《国家先进污染防治技术示范目录》和《国家鼓励发展的环境保护技术目录》。

发布了《环境保护技术发展报告》，开展了一系列能力建设，包括推动工程技术中心建设、建立环境技术管理信息系统框架、召开技术交流会、办理领导技术批示件、开展技术进展调研、召开技术管理以及技术文件编制的培训会等。

5.6 国外经验对中国的借鉴意义

国外畜禽养殖业环境管理政策和经验对中国具有重要的借鉴意义。首先，畜禽养殖业对环境造成的严重污染导致政府和公众对此问题极为关注，并不断加强和完善环境管理的政策和措施。无论是国外的畜禽养殖业发展过程，还是中国目前的发展状况，都说明畜禽养殖业环境问题的严重性，政府必须实行严格的环境管理措施。

其次，对畜禽养殖行业自身来说，环境污染治理将从一个外部的社会问题变成本行业必须解决的问题，对畜禽养殖业的经营来说，必须转变观念，不能把环境污染治理问题推给政府，推给社会，应把它作为企业经营管理的问题之一加以解决。鉴于政府对环境管理政策措施的完善和加强，环境污染治理在畜禽养殖业发展问题优先序的确定中应放在重要的位置。

第三，国外的畜禽养殖业的污染物排放标准的各项指标对中国在制定《污染物排放标准》时有一定的借鉴和参考意义。如中国的《畜禽养殖业污染物排放标准》是参照国外的标准并根据中国的具体情况而制定的。

6. 畜禽养殖行业调研情况及备选技术介绍

畜禽养殖污染防治技术的应用与推广与诸多因素有关，在调研对象的选取中，充分考虑了受调查企业的发展水平、产品和工艺的特殊性、所处的地理位置、气候条件以及养殖规模、养殖特点等因素，最终确定典型区域：四川、重庆、山东、北京等在内近四十多家不同规模不同养殖类型的企业作为调研对象。

调研采取现场考察、座谈、发调查表相结合的方式，内容涵盖生产工艺流程、资源、能源消耗及污染物产生情况，污染防治技术的类型、应用规模、特点、适用性、处理效果、设计参数取值范围、运行情况、经济性、能耗、管理等相关技术数据。下面将根据调研结果，详细介绍畜禽养殖行业的污染现状和技术应用情况。

6.1 养殖场清洁生产水平及主要环境问题调研情况

6.1.1 我国畜禽养殖业发展状况

畜禽养殖业目前已经成为我国农业经济的一个独立的、重要的产业。20世纪50~60年代，全国畜禽养殖业产值占农业总产值的比重，低年份不到10%，高年份也只有14%~15%左右。改革开放以来，畜禽养殖业产值及其在农业总产值中的比重持续上升，产值比重年均增长0.7%。到1999年，随着畜牧业商品生产的发展，全国畜牧业产值为6997.58亿元，占农业总产值28.5%。

6.1.1.1 综合生产能力显著提高

改革开放以来我国农村采取了一系列改革的政策和措施，特别是进行了畜禽养殖业经济体制的改革，极大地推动了畜禽养殖业生产的快速发展。如表6.1所示，我国的畜禽养殖业实现了连续20多年突飞猛进的发展，畜、禽存栏量每10年增加1~2倍。

表 6.1 牲畜饲养情况 单位：万头（只）

年份	大牲畜 年底头数	牛	马	驴	骡	骆驼
1996	13360.6	11031.8	871.5	944.4	478.0	34.5
1997	14541.8	12182.2	891.2	952.8	480.6	35.0
1998	14803.2	12441.9	898.1	955.8	473.9	33.5
1999	15024.8	12698.3	891.4	934.8	467.3	33.0

2000	15151.5	12866.3	876.6	922.7	453.0	32.6
2001	14995.9	12824.2	826.0	881.5	436.2	27.9
2002	15189.3	13084.8	808.8	849.9	419.4	26.4
2003	15500.1	13467.2	790.0	820.7	395.7	26.5
2004	15737.8	13781.8	763.9	791.9	374.0	26.2
2005	15947.5	14043.5	740.0	777.2	360.4	26.6
2006	12287.1	10465.1	719.5	730.6	345.1	26.9
2007	12309.3	10594.8	702.8	689.1	398.5	24.2
年份	猪肉出栏(头)	牛出栏(头)	猪年底(头)	羊年底(只)	山羊(只)	绵羊(只)
1996	41225.1	2685.9	36283.6	23728.3	12315.8	11412.5
1997	46483.7	3238.9	40034.8	25575.7	13480.1	12095.6
1998	50215.1	3578.1	42256.3	26903.5	14168.3	12735.2
1999	51977.2	3766.2	43144.2	27925.8	14816.3	13109.5
2000	52673.3	3964.8	44681.5	29031.9	15715.9	13316.0
2001	54936.7	4118.4	45743.0	29826.1	16129.2	13697.2
2002	56684.3	4401.1	46291.5	31655.2	17175.9	14379.3
2003	59200.5	4703.0	46601.7	34053.7	18320.7	15733.0
2004	61800.7	5018.9	48189.1	36639.1	19550.9	17088.2
2005	66098.6	5287.6	50334.8	37265.9	19876.1	17389.9
2006	61207.3	4222.0	41850.4	28369.8	14336.5	14228.3
2007	56508.3	4395.5	43989.5	28564.7	13768.0	14601.8

注：2006 年数据根据第二次全国农业普查结果进行了初步调整（下表同）。

6.1.1.2 畜禽产品结构逐步优化

经过几十年的发展，我国畜禽产品结构逐步优化，畜牧业逐步走上了一条适合我国资源状况的节粮型道路。猪肉在肉类总量中的比重由 1995 年的 69.36% 下降到 2000 年的 65.81%，禽肉和牛羊肉比重分别由 18% 和 11.73% 上升到 19.7% 和 13.2%，表 6.2 显示了我国 1996~2007 年全国主要畜产品产量。

表 6.2 畜产品产量

年份	肉类产量 (万吨)	猪牛羊肉	猪肉	牛肉	羊肉	奶类(万 吨)	牛奶
1996	4584.0	3694.7	3158.0	355.7	181.0	735.8	629.4
1997	5268.8	4249.9	3569.3	440.9	212.8	681.1	601.1
1998	5723.8	4598.2	3838.7	479.9	234.6	745.4	662.9
1999	5949.0	4762.3	4005.6	505.4	251.3	806.9	717.6
2000	6125.4	4838.2	4031.4	532.8	274.0	919.1	827.4
2001	6333.9	5026.0	4184.5	548.8	292.7	1122.9	1025.5
2002	6586.5	5228.9	4326.6	584.6	316.7	1400.4	1299.8
2003	6932.9	5506.3	4818.6	630.4	357.2	1848.6	1746.3
2004	7244.8	5776.8	4701.6	679.5	399.3	2368.4	2260.6
2005	7743.1	6157.6	5010.6	711.5	435.5	2864.8	2753.4
2006	7089.0	5591.0	4650.5	576.7	363.8	3302.5	3193.4
2007	6865.7	5283.8	4287.8	613.4	382.6	3633.4	3525.2

6.1.1.3 区域化、专业化、规模化生产发展迅速

随着畜禽养殖业的发展，畜禽饲养规模不断扩大，根据农业部(2000)的统计，从全国来看，生猪的规模养殖(年出栏 50 头以上)已经占到当年总出栏数的 23.2%，其中常年存栏在 200 头以上的规模化养猪场(相当于年出栏 500 头)的饲养总量已占到总出栏量的 7.7%；禽类的规模化饲养水平则更高，仅规模饲养肉鸡(年均存栏 2000 只及以上)的出栏量就占到全国肉鸡出栏总量的 48%；而蛋鸡的规模化

饲养(年均存栏 2000 只及以上)则占到了蛋鸡出栏总量 44.2%。

6.1.2 畜禽养殖粪污排放对环境的影响

尽管养殖业的发展满足了人们对肉、蛋、奶的需求,并为发展我国的经济、提高城乡居民生活水平作出了贡献,但养殖业粪污的随意排放已成为我国新的环境污染问题。

- ◆ 畜禽养殖系统可能的环境污染源包括:
- ◆ 畜禽粪便中含有的大量污染物质;
- ◆ 畜禽舍垫料、废饲料及散落的毛羽等固体废物;
- ◆ 矿物元素含量过高的饲料、兽药及添加剂的过量使用;
- ◆ 清洗畜禽体、饲养场地、器具产生的污水;
- ◆ 家畜呼出气和消化道排出的废气中含有二氧化碳等的恶臭气体;
- ◆ 畜舍内风机、清粪机、真空泵等机械运行的噪音;
- ◆ 病死畜禽体的非净化处理。

这些污染源会对农村大气、水体、土壤、生物各圈层造成交叉立体影响。

根据国家环保总局对全国规模化畜禽养殖业污染情况调查(见表 6.3)可以看出,我国畜禽粪便产生量很大,而且从表中可以看出,畜禽粪便含有极高的有机污染物,畜禽养殖业污染已成为农村面源污染的主要因素之一。

表 6.3 2000~2005 年我国畜禽粪便及主要污染物产生量 单位:万吨

年份	粪 便 产生量	BOD ₅	COD cr	NH ₃ -N	TP	TN	污染物 合 计
2000	227798.04	4244.26	5050.82	490.64	271.96	1181.47	11239.15
2001	228596.57	4240.00	5044.88	489.31	271.01	1179.07	11224.26
2002	234628.31	4345.89	5170.40	502.14	279.16	1210.65	11508.24
2003	242270.53	4470.18	5321.74	517.80	288.33	1249.76	11847.81
2004	250118.64	4590.80	5465.53	531.77	296.55	1284.89	12169.54
2005	257533.24	4691.62	5638.22	548.12	306.20	1323.57	12507.73

以 2003 年为例,我国畜禽粪便产生量约为 31.9 亿吨,远超过当年工业固体废弃物 10.00 亿吨的总量。在一些大城市,养殖业畜禽粪便排放量超过了 1000 万吨,如北京市养殖业粪浆排放量超过 1200 万吨,大大超过了这些城市的生活污水、工业废水和固体废弃物的总排放量。畜禽粪便已成为与工业废水、生活污水相并列的三大污染源之一。

6.1.3 畜禽养殖生产清粪工艺及粪污产生情况

畜禽养殖生产过程中产生的污染物与各养殖场的畜禽种类、养殖方式、生产工艺、饲养管理水平、当地的气候条件等均有很大关系。不同类型、不同管理模式的畜禽养殖场,每天排放的污染物也有所不同。了解畜禽养殖的生产方式,不但对于了解畜禽养殖污染物排放量和规律进而制定有效的控制措施有帮助,而且对于实现清洁生产,通过调整传统生产布置、生产工艺流程、减少污染物排放等均有很大帮助。

6.1.3.1 养殖场生产工艺

(1) 养猪场生产工艺

猪场规模的大小,一般以基础母猪数量或年上市猪(种猪或肥猪)数量来表示。目前我国尚无有关猪场适宜规模的规范和标准,猪场规模的确定受诸多因素的制约,大都根据其投资能力、技术水平、

经营性质和市场需求来确定。

猪的饲养方式一般分为舍饲和放牧饲养。规模化猪场均采用舍饲，放牧饲养仅在我国部分地区的个体养猪户中采用。

规模化养猪场因采用的栏圈形式不同又可分地面平养和网床饲养；按每圈饲养头数则分群养和单养。地面平养分实体地面、全部缝隙地板或部分实体地面部分缝隙地板几种，缝隙地板可用钢筋混凝土、塑料、铸铁等制作。网床饲养多用于产房和培育仔猪舍。

料槽饲喂采用较多，但也有采用设档料坎无槽地面撒喂的方式，前者饲槽占栏圈面积，增加造价、刷洗费工，但可适用于各种饲养方式；地面撒喂无前者的缺点，但仅适用于地面或部分缝隙地板平养。此外还有自动料箱(桶)饲喂方式，因不便控制采食量，多用于培育仔猪和育肥猪。以上各种饲喂方式均可人工或机械加料，后者常用链环式、塞盘式或弹簧式输料系统。

(2) 养牛场生产工艺

根据饲养管理方式的不同，牛舍可以分为栓系牛舍和散放牛舍两种。

散放牛舍的特点是牛可以自由出入牛舍，不受任何约束。牛舍主要供牛休息、避雨和遮荫，地面铺有垫草，冬季逐日增添，待春季天暖时一次清理出去。舍外有运动场，且有青贮饲槽、干草架、饮水槽或饮水器。

有的散放牛舍内设有牛床隔栏，以保证牛在躺卧时都有一定的地方，而且比较整齐，排粪的位置也比较固定，管理上比没有隔栏的要方便许多。这种牛舍的建筑造价相对较高。

栓系牛舍内设有固定的牛床和颈枷，牛在一定时间内被放入牛舍后，立即被拴系起来。这种牛舍的建筑造价显然较高，但是便于对牛进行精细管理，可以获得较高的产奶量、产肉量和繁殖率，采用比较普遍。

栓系牛舍的饲槽，常用的有高槽和低槽两种，高槽的槽底高出地面，低槽的槽底与地面相同。后者因操作方便，采用者较多。舍内的粪尿沟，一般用明沟，以便随时清扫，防止堵塞。

这种方式主要适用于牧区或半农半牧区。其优点是可以充分利用草地资源，降低生产成本；缺点是管理比较粗放，产奶量、产肉量较低。实行全放牧时，一般在牧地的适当位置设简易棚舍，供饮水、补饲、挤奶和避风、遮雨之用。

也有实行半放牧、半舍饲的。即在放牧归来之后，补喂青贮饲料、饲草以及精料，这种方式比全放牧饲养的产奶量、产肉量要高。

(3) 养鸡场生产工艺

养鸡场分蛋鸡场和肉鸡场。

鸡的饲养方式一般为散养、平养（地面平养和网上平养）和笼养。蛋鸡以平养和笼养为主，而肉鸡以地面平养为主。

散养是一种原始、粗放的方式，即在白天将鸡放出，任其不受任何约束地自由活动。到了傍晚，鸡自动归巢，在鸡栖息之前，撒些饲料作为补饲。这种方式因为投资少，节省饲料，过去多为农户所广泛采用。此方式的缺点是易感染寄生虫病，生产效率低，不易管理，故规模化养鸡场不宜采用。

平养又可分为地面平养和网上平养。

将鸡直接饲养在舍内地面上，饲养管理工作在室内进行，所以鸡舍内有饲槽、饮水器、产蛋箱、栖架等。有的在舍外一侧设有运动场，鸡可自由出入活动，这种鸡舍比较适合于饲养种鸡。有的没有运动场，鸡的活动完全限定在舍内。地面平养方式的优点是饲养管理比较方便，生产效率也比较高；缺点是占用地面比较多，机械化有困难，不易实行大规模饲养，而且容易传播球虫病等。这种饲养方式的清粪方法有两种，一是每日用人工清扫一次，优点是可保持舍内干净，缺点是比较费工，对鸡的干扰也比较大。另一种是厚垫料法，在舍内地面上铺撒垫料，逐日增添，不清除。待鸡群全部转出后，

将垫料一次彻底清除干净，并对鸡舍进行清洗和消毒。此种方式因垫料内一直进行着生物发酵过程，产生许多热量，有利于提高舍内温度，故多用于寒冷地区。鸡整日在垫料上活动，既可取暖，又可从垫料中获取维生素 B12；缺点是易使鸡感染寄生虫病，且易污染羽毛和鸡蛋。

在地面上约 0.6m 处架设网栅，鸡饲养在网栅上，不与粪污接触，避免了羽毛和鸡蛋被污染，并可控制球虫病等的传播。用此方式饲养种鸡时，可在网上分隔成小格，每格 1.0~1.2m²，可养 15 只左右成年母鸡和 2 只公鸡。舍外也可设置运动场在一定时间将鸡放到运动场上去活动。

在鸡舍内设置鸡笼，将鸡常年饲养在笼中。饲养种鸡时，鸡笼较小，每笼 1 只，实行人工授精。饲养商品蛋鸡时，每笼 3~4 只。在鸡舍内，鸡笼可 1 层排列，也可 3~4 层立体排列。立体排列时，可以为阶梯式或重叠式。

采用平列式(即一层排列)时，舍内无走道，喂料、供水、集蛋、清粪全用机械，进鸡、出鸡或维修鸡笼时，工作人员坐在“天车”上操作，天车可由工作人员驾驶运行至鸡舍的任何部位。这种方式的主要缺点是进鸡、出鸡很不方便，机械的维修也比较困难，故采用者不多。

重叠式可以提高单位面积内的饲养数量，缺点是每层笼的下边需设承粪板，只能用人工进行清粪，比较费工，采用者也不多。采用阶梯式或半阶梯式排列时，清粪既可使用机械，也可采用人工。

对肉鸡一般都采用平养，而且大都采用厚垫料方式。对于父母代种鸡，一般也都采用平养，公母鸡自由交配，因肉鸡体型大，行动笨拙，笼养弊端较多。

6.1.3.2 养殖场粪污产生规律及产生量

(1) 猪粪尿的排泄量

尽管猪粪尿排泄量受到环境因子、饲料质量、饮水量等的影响，但一般仍可采用下列公式估算：

$$Y_f = 0.530F - 0.049$$

式中：Y_f——粪便排泄量(kg)

$$F——\text{饲料采食量(kg)}$$

$$Y_u = 0.205 + 0.438W$$

式中：Y_u——尿排泄量(kg)

$$W——\text{饮水量(kg)}$$

以此为依据计算的猪排粪量和排尿量见表 6.4 和表 6.5。

表 6.4 猪排粪量 单位：kg

体重		20	40	60	80	100
限饲	饲料采食量	0.91	1.43	1.95	2.47	2.99
	排粪量	0.43	0.71	0.99	1.26	1.54
任饲	饲料采食量	1.39	1.95	2.31	2.77	3.23
	排粪量	0.69	0.93	1.18	1.42	1.66

表 6.5 猪排尿量 单位：kg

体重	20	40	60	80	100
饮水量	5.12	5.58	6.04	6.50	6.96
尿排泄量	2.45	2.65	2.85	3.05	3.26

依据表 6.4 和表 6.5，每头猪生长阶段粪尿排泄量见表 6.6，公猪、母猪粪尿排泄量见表 6.7。

表 6.6 猪生长阶段粪尿排泄量 单位：kg

体重		20	40	60	80	100
粪尿量	限饲	2.88	3.36	3.84	4.32	4.79
	任饲	3.14	3.58	4.03	4.47	4.92

表 6.7 公猪、母猪平均排粪尿量 单位: kg

项目	周期体重	饲料消耗量	饮水量	粪便量	排尿量	粪尿量
母猪	140~160	3.15	12.29	2.2	4.52	6.72
公猪	120~140	2.74	10.69	2.1	4.31	6.41

传统养殖人工清粪方式, 平均每头猪冲洗水量: 10~15L; 工厂化养猪水冲清粪方式, 平均每头猪冲洗水量: 20~30L; 一条万头猪场规模生产线猪粪污水排放量参考数据见表 6.8。

表 6.8 年出栏万头猪场粪污水排放量

项目	饲养周期(d)	存栏数量(头)	平均排粪尿(kg/头·d)	平均冲洗水量(kg/头·d)	产生污水量(t/d)
母猪	365	500	6.72	30	18.36
公猪	365	25	6.41	26	0.81
仔猪	49	1380	2.91	10	17.82
育肥猪	105	2920	5.95	20	75.77
总排泄量	-	-	-	-	112.8

(1) 牛粪污产生量及其收集

1) 奶牛场粪污产生量

奶牛场排放的粪尿与污水包括牛粪尿、牛圈冲洗水、挤奶消毒水及奶桶清洗水等。奶牛粪尿的组分见表 6.9。

表 6.9 奶牛粪尿的组分

项目	牛粪	牛尿
BOD(mg/L)	24500	4000
TSS(mg/L)	119000	5000
TN(mg/L)	9430	8340
P ₂ O ₅ (mg/L)	4400	40
K ₂ O(mg/L)	1500	18900
pH	7.2~8.2	

一头体重 600kg 的奶牛日排粪量为 20kg, 排尿量为 34kg, 养牛场冲洗水量为 500~800L/头·d。

2) 肉牛场粪污产生量

根据国外资料, 1 头 450kg 体重的肉牛每年排泄氮量达 430kg, 一个具有 3200 头肉牛的规模化养牛场每年排放氮量达 1400 吨, 相当于 26 万人口当量的排氮量(每人每年排氮量按 5.4kg 计)。表 6.10 为不同牛的粪污排泄量。

表 6.10 不同牛的粪污排泄量

项目	1~6 月小牛	12 月小母牛	18 月小母牛	12 月小肉牛	奶牛
体重(kg)	140	270	380	400	500
粪尿量(L/d)	7	14	21	27	45

3) 鸡粪尿及其污水的产生量

鸡的肠道较短，对饲料的消化吸收能力差，饲料中约有 70%~80%的营养成分未被消化吸收就被排出体外，鸡粪中粗蛋白含量高达 25%~28%，高于大麦、小麦和玉米的粗蛋白含量的 65%。由于鸡以采食精料为主，故鸡粪中氨基酸的种类齐全，含量也较高，并含有丰富的矿物质和微量元素。

养鸡场每只鸡日排泄粪量为：0.1~0.11kg/只.d，养鸡场冲洗水定额量为：1.10~1.25 kg/只，鸡粪污水的水质见表 6.11。

表 6.11 鸡粪污水的水质

项目	总固体浓度 TS(%)	化学耗氧量 COD(mg/L)	生化需氧量 BOD(mg/L)	氨氮 NH ₃ -N(mg/L)	悬浮物 SS(mg/L)	pH
鸡粪污水	2.0~2.5	15000~30000	7000~15000	2500~4400	12000~22000	6.5~7.5

6.1.3.3 养殖场清粪方式

畜禽养殖场污物的收集指将畜禽粪便、污水等在原地收集或在存放场地进行积聚。一般的粪污收集劳动即利用通用工具对畜禽场内的角落、篱笆底下面、隔离带表面、壁灯表面、畜栏内进行粪便收集、冲洗、消毒和清理。

粪污的收集可利用各种通用工具及专用工具进行收集和固-液分离。如漏缝地板，为了保持猪栏内的清洁卫生，减少猪与粪便的接触机会，减少人工清扫，猪舍地面普遍采用在粪尿沟上铺设漏缝地板的形式。

常见的猪舍清粪方式一般为干清粪、水冲清粪和水泡粪。

(1) 干清粪

干清粪是将粪和水、尿分离并分别清除，可由人工清粪或机械化清除。

1) 人工清粪

人工清粪就是靠人利用清扫工具将畜禽舍内的粪便清扫收集，再由机动车或人力车运到集粪场。人工清粪只需一些清扫工具、人工清粪车等，设备简单，无能耗，一次性投资少，还可以做到粪尿分离，便于后续的粪尿处理。其缺陷是劳动量大，生产率低。我国劳动力资源丰富，价格便宜，人工清粪方式在我国的大部分养鸡场、养牛场和部分养猪场广泛采用。

人工清粪通用工具为铁锹、叉、铲板、条帚、刷子、加压冲洗机以及其它手工工具，这些工具对小范围的清理工作是必需的。叉子用以翻松或压实潮湿的粪污；长把平板铁锹极大地减小了翻松粘性物质的强度；直把条帚可用于清扫角落及小空间；压力冲洗机械利用高压水松动或冲刷坚硬、干涸或粘结的废物。冲洗机可将水加热或产生蒸汽来加速污物的清除。

2) 机械清粪

机械清粪往往采用专用的机械设备，如链式刮板清粪机和往复式刮板清粪机等机械。

机械清粪的缺点是一次性投资较大，运行维护费用较高；而且我国目前生产的清粪机在使用可靠性方面还存在欠缺，故障发生率较高，此外，清粪机工作时噪音较大，不利于猪的生长。

(2) 水泡粪清粪

大部分的畜禽舍采用水泡粪清粪(也称自流式清粪)，它是在缝隙地板下设粪沟，粪沟底部做成一定的坡度，粪便在冲洗猪舍水的浸泡和稀释下成为粪液(粪水混合物)，在自身重力作用下流向端部的横向粪沟，待沟内积存的粪尿和水达到一定程度时(夏天 1~2 个月，冬天 2~3 个月)提起沟端的闸板排放沟中的粪稀。这种清粪方式虽可提高劳动效率，降低劳动强度，但耗水耗能较多，舍内卫生状况变差(潮湿、有害气体浓度提高)，更主要的是，粪中的可溶性有机物溶于水，使水中污染物浓度增高，

增加了污水处理难度。

根据所用设备的不同，该清粪方式可分为截流阀式、沉淀闸门式和连续自流式三种。

◆ 截流阀式清粪

截流阀式清粪方式是在粪沟末端一个通向舍外的排污管道(直径为 200~300mm)上安装一个截流阀。平时，截流阀将排污口封死。猪粪在冲洗水及饮水器漏水等条件下稀释成粪液。在需要排出时，将截流阀打开，液态的粪便通过排污管道排至舍外的总排粪沟。

◆ 沉淀闸门式

沉淀闸门式清粪是在纵向粪沟的末端与横向粪沟相连接处设有闸门。闸门严密关闭时，打开放水阀向粪沟内放水，直至水面深至 50~100mm。猪排出的粪便通过其践踏和人工冲洗经漏缝地板落入粪沟，成为粪液。每隔一定时间打开闸门，同时放水冲洗，粪沟中的粪液便经横向粪沟流向总排粪沟中。

◆ 连续自流式

这种清粪方式与沉淀闸门式基本相同，不同点仅在于纵向粪沟末端以挡板闸门代替后者的闸门。

(3) 水冲式清粪

水冲式清粪是在缝隙地板下设粪沟，沟底有坡度，每天多次用水将沟内粪污冲出舍外。水冲式清粪的优点是设备简单、投资较少、劳动强度小、劳动效率高、工作可靠、故障少，易于保持舍内卫生。其主要缺陷是水量消耗大，产生污水多，流出的粪便为液态，粪便处理难度大，也给粪便资源化利用造成困难，在水源不足或在没有足够农田消纳污水的地方不宜采用。

1) 简易放水阀

简易放水阀装在粪沟始端的水池中。水池进水及水面高度靠浮子控制，出水阀通过杠杆靠人工控制，适时放水冲除粪尿。这种放水阀结构简单，造价低，操作方便，但密封可靠性差，容易漏水。

2) 自动翻水斗

自动翻水斗盛水翻斗是一个两端装有转轴、横截面为梯形的水箱，转轴位置要在横截面的形心以上。工作时，当水面上升到一定高度时，翻水斗绕转轴自动倾倒，几秒钟内可将全部水倒入粪沟，粪沟中的粪便在水的强大冲力作用下被冲至舍外的总排粪沟中。翻水斗内水倒出后，其重心发生变化，在自身重力的作用下自动复位。自动翻水斗结构简单，工作可靠，冲力大，效果好，但与简易放水阀相比造价较高，噪音大。

3) 虹吸自动冲水器

常用的虹吸自动冲水器有 U 型管式和盘管式两种结构形式。工作时一般当水池水面超过虹吸帽顶 150mm 左右时，在虹吸作用下，整个水池的水迅速排出，冲入粪沟，粪沟中的粪便在水的强大冲力作用下被冲至舍外的总排粪沟中。盘管式虹吸自动冲水器工作原理相似。

(4) 粪污收集装备

牛粪污一般产生在其运动场上，且产生量很大，对于清扫和收集这种大面积的露天运动场上的粪污，除使用人工清粪工具外，常需要使用一些通用机械设备。

1) 小型铲运机(家用型)

小型(家用)或结构紧凑的铲运机同大型铲运机相比，具有出入方便、可变换角度以及使用灵活等优点，且对许多附件有很宽的选择，因此可用于扫地、粪便以及尘土的收集。

2) 铲运机

拖拉机前部或尾部装上铲板用来铲刮收集废物，对大面积场地来说相对较快。拖拉机铲运机后部安装的铲板可清洁角落，清除干燥、压实或冷冻的废物，在 0℃ 以下的地区需频繁铲刮以防废物冰结堆积，橡胶边的铲板可用以铲刮潮湿粗糙的混凝土表面，但对粘结的废物不能对其清除。一个箱式铲

运机可将铲运距离提高 3~5 倍，箱式铲运机具有较高端板以容纳废物，箱式铲运机还具有不同的铲板倾斜角度及翻转功能。大型重型推土机可以铲运流体或半流体污物。

3) 大型装载机

大型装载机最适于在空旷的场地清扫及在具有高净空的工作地点处置重的大体积废物。牛饲养场的清扫及废物的装卸通常使用可伸缩全轮驱动装载机，操作者须熟练使用此种装载机才能有效地收集废物。

6.1.4 畜禽养殖场污染物的产生和排放

6.1.4.1 污水的产生与排放

养殖场产生的污水量及其水质因畜种、养殖场性质、饲养管理工艺、气候、季节等情况不同会有很大差别。如肉牛场污水量比奶牛场少；鸡场的污水量比猪场少；采用乳头式饮水器的鸡场比水槽自流饮水者污水量少；各种情况相同的养殖场，南方污水比北方污水量大；同一牧场夏季比冬季污水量大等。采用水冲或水泡粪工艺比干清粪工艺的污水量大且有机浓度高；鸡场污水含磷量较高；猪场污水含铜、铁量较高等。对于畜禽粪便排泄的粪尿量以及畜禽养殖业排放的废水量，由于受到饲养方式、管理水平、畜舍结构、漏粪地板的形式和清粪方式等的不同而差异较大。

畜牧场的用水量受多种因素影响，由于条件差异较大，我国并无统一的标准。

各养殖场因生产方式和管理水平不同，用水量和排水量均存在较大差异。以猪场为例，传统养猪场(万头)，1 年需水量为 2.9 万~3.7 万 m^3 ，而国外规模化万头猪场，1 年需水量为 7.3 万 m^3 。可知万头规模猪场比传统养猪多用 4 万 m^3 水。按全国 1996 年存栏猪 4.5 亿头计算，国外规模化养猪场用水冲洗粪便大约要 32.9 亿 m^3 水，相当于 15 亿人的用水量，比传统猪场多几亿 m^3 水量。而且养猪场废水产生量及性质因采用不同的猪舍结构、地板结构、冲洗方式以及生产规模而有所不同。

(1) 不同的猪舍结构与猪场废水量产生及性质关系

传统式的猪舍大部分采用单列式，同时猪舍设有运动场或设在鱼塘边。据统计，养一万头猪每天只需要 100 m^3 水，所产生的废水大约为 100 m^3 。而现代化养猪场万头猪每天排水量为 150 m^3 左右。

传统式猪舍附近设运动场，猪活动时大部分粪便落在运动场内，可定期清除，减少废水的污染物浓度。据测试，传统式猪舍所产生的废水污染物浓度比工厂化猪舍低 40%~50%。

(2) 猪舍冲洗方式与猪场废水产生量及废水性质的关系

传统式的猪舍(或农户养猪)采用人工定时冲洗的方式。在冲洗前先清扫猪的粪便，然后再用水冲洗，其用水量和产生的废水量大大减少。

工厂化养猪舍，利用水压把粪便冲出猪舍，往往需要大量的水。按某外国公司一万头猪场设计的每天用水量高达 250~300 m^3 ，相应地所产生废水也高达 250~300 m^3 。同时，猪场把几万头猪或十几万头猪集中在一个有限的地方生产，将这样大量而又集中的废水在一个地方消纳，难度很大。

(3) 猪舍地板与猪场废水产生量的关系

工厂化养猪猪舍大部分采用漏缝地板，猪生活在漏缝地板上，排泄的粪便由脚踩踏，落入水沟，再用大量的水冲走。据调查，有些工厂化养猪舍设计的自动定时冲水，每天冲水量高达 300 m^3 。

总之，猪场产生的废水量主要与冲洗方式有很大的关系。如若能控制猪场冲洗用水量，则可大大减少猪场的废水产生量和排放量。

目前，多数养殖场用水不计量，用水量和排水量都处于无节制状态。

用水量不同，故其污水中污染物浓度会有很大差异。一般情况下的污水水质可参考表 6.12 及表 6.13。

表 6.12 养殖场污水成分

污水类别	pH	SS (mg/L)	BOD ₅ (mg/L)	COD _{Cr} (mg/L)	NH ₃ -N (mg/L)	细菌总数(个)	大肠菌值(m)	寄生虫卵(个)
猪场	7.5~8.1	5000~12000	2000~6000	5000~10000	100~600	10 ⁵ ~10 ⁷	10 ⁻⁶	5~7
牛场	7.2	19000~60000	3000~8000	6000~25000	300~1400	10 ⁷	10 ⁻⁵ ~10 ⁻⁷	10~20
生活污水	8.1	211.8	67.7	320.1	-	1.6×10 ⁶	10 ⁻⁵	-

表 6.13 各类养殖场废水中污染物浓度(单位: mg/L)

养殖种类	清粪方式	COD _{Cr}	NH ₃ -N	T-N	T-P	pH
猪	水冲粪	15600~46800 平均 21600	127~1780 平均 590	141~1970 平均 805	32.1~293 平均 127	6.30~7.50
	干捡粪	2510~2770 平均 2640	234~288 平均 261	317~423 平均 370	34.7~52.4 平均 43.5	
肉牛	干捡粪	887	22.1	41.1	5.33	7.10~7.51
奶牛	干捡粪	918~1050 平均 983	41.6~60.4 平均 51	57.4~78.2 平均 67.8	16.3~20.4 平均 18.6	
蛋鸡	水冲粪	2740~10500 平均 6060	70.0~601 平均 261	97.5~748 平均 342	13.2~59.4 平均 31.4	6.53~8.49
鸭	干捡粪	27	1.85	4.70	0.139	7.39

由表 6.12 可见, 尽管各养殖场废水中的污染物浓度差异很大, 但总体趋势可以看出废水中的污染物浓度与养殖场的清粪方式关系十分密切。以养猪场为例, 采用干捡粪方式的养殖场废水, 比水冲粪方式养殖场废水中的 COD_{Cr} 浓度平均值约低一个数量级, 其它指标也相差 3~6 倍。

6.1.4.2 固体废弃物的产生与排放

畜禽粪尿排泄量, 因畜种、养殖场性质、饲养管理工艺、气候、季节等情况的不同, 会有很大差别。例如, 牛粪尿排泄量明显高于其它畜禽粪尿排泄量; 禽类粪尿混合排出, 故其总氮较其他家畜为高; 夏季饮水量增加, 禽粪的含水率显著提高等。

畜禽粪便营养丰富, 原粪中除含有大量有机质和氮磷钾及其它微量元素等植物必需的营养元素外, 还含有各种生物酶(来自畜禽消化道、植物性饲料和肠道微生物)和微生物, 对提高土壤有机质及其肥力, 改良土壤结构, 起着化肥不可替代的作用。畜禽粪虽是很好的有机肥, 但其中的营养成分必须经微生物降解(腐熟)才能被植物利用。同时, 还有病原微生物和寄生虫, 如果不加处理地施用鲜粪尿(施生粪), 方法虽然简单, 但有机质在被土壤微生物降解过程中产生的热量、氨和硫化氢等对植物根系不利, 还有可能对环境造成恶臭和病原菌污染, 故必须经过腐熟和无害化处理后方可施用。

6.1.4.3 臭气的产生与排放

畜禽养殖场除具有固体粪便和污水污染之外, 其场内的空气污染也不容忽视。畜禽舍散发的臭气主要来自含蛋白质废弃物的厌氧分解, 这些废弃物包括畜禽粪尿、皮肤、毛、饲料和垫料。而大部分臭气是由粪尿厌氧分解产生。畜禽排泄物的有机物主要由碳水化合物和含氮化合物组成, 在一定条件下, 这些粪便发酵以及含硫蛋白分解产生大量氨气和 H₂S 等臭味气体。碳水化合物转化成挥发性脂肪酸、醇类及二氧化碳等, 这些物质略带臭味和酸味; 含氮化合物转化生成氨、乙烯醇、二甲基硫醚、硫化氢、三甲胺等, 这些气体有的具有腐败洋葱臭, 有的具有腐败的蛋臭、鱼臭等; 一些有机物酶解, 如硫酸盐类被水解成 H₂S, 马尿酸生成苯甲酸等。这些具有不同臭味的气体混合在一起, 就是人们常说的恶臭。

恶臭的成分复杂，现已鉴定出的恶臭成分在牛粪尿中有 94 种，猪粪尿中有 230 种，鸡粪中有 150 种。这些恶臭成分可分为挥发性脂肪酸、醇类、酚类、酸类、醛类、酮类、胺类、硫醇类，以及含氮杂环化合物等 9 类有机化合物和氨、硫化氢两种无机物。按臭气阈值大小排列，畜粪中最臭的 10 种化合物依次是：甲硫醇、2-丙硫醇、2-丙烯-1-硫醇、2,3-丁二酮、苯乙酸、乙硫醇、4-甲基酚、硫化氢和 1-辛烯-3-酮。文献表明，挥发性脂肪酸、对甲酚、吡啶、丁二酮和氨浓度较高，而它们的阈值又较低，因此可能是畜牧场内较为主要的臭味化合物。

养殖场有味气体来源于多个方面，如动物呼吸、动物皮肤、饲料、死禽死畜、动物粪尿和污水等，其中动物粪尿和污水在堆(存)放过程中有机物的腐败分解是养殖场气味的主要发生源。一般来自于养殖舍地面、粪水贮存池、粪便堆放场等。

动物从饲料中吸收养分，同时将未消化的养分以粪便的形式排出。动物粪便是一个含有碳水化合物、脂肪、蛋白质、矿物质、维生素及其代谢产物等多种成分的复杂化合物，这些化合物是微生物繁殖生长的营养来源，它们在有氧条件下会彻底氧化，不会产生恶臭。但在厌氧条件下，这些物质被微生物消化降解产生各种带有气味的有害气体。和动物粪便一样，污水在缺(厌)氧条件下也会产生有味气体。

这些气体，由于有窒息性、刺激性、中毒性的危害，当达到某种浓度时就会产生有害作用。

畜禽场散发的恶臭及有害气体成分很多，但主要以氨、硫化氢、粪臭素、硫醇类为主。

6.2 畜禽养殖污染防治备选技术介绍

6.2.1 畜禽养殖场养殖过程可行性技术

鉴于我国畜禽养殖发展迅速、污染排放大的特点，在畜禽污染防治上首先应强调减量化原则，即通过养殖结构调整及开展清洁生产减少畜禽粪污的产生量。

6.2.1.1 养殖场的选址应根据一般原则考虑

畜禽养殖场场址选择应注重考虑养殖场建成后与周边环境和人群的相互影响，以及畜禽粪便就地消化的可行性，具体地讲应遵循以下几方面原则：

- 符合国家有关规定和地方总体规划；
- 不能在禁养区内新建养殖场；
- 禁养区外养殖场要保证与居民点、水源、旅游景点有一定的保护间距；
- 尽可能远离城市、工矿区和人口密集的地方；
- 尽可能靠近农业种植区；
- 选择地势高、背风、向阳、水源充足、水质良好、供电方便的地方；
- 其污染物排放应符合区域总量控制要求。

6.2.1.2 养殖场畜禽饲料组分的调整

从饲喂的角度出发，通过改进饲料加工方法或在饲料中添加蛋白酶等手段，提高畜禽对饲料营养物质的消化率和利用率，以减少畜禽粪尿的排泄量和氮、磷产生量。饲料的设计应本着污染少、成本低、饲料报酬高的原则，最大限度地提高畜禽对营养物质的消化率和利用率，以减少粪尿的排泄量，减少对环境的污染。

6.2.1.3 养殖场清粪方式的改进

可从养殖场生产工艺改进入手，采用“清污分流、粪尿分离”，如通过雨污分离、干湿分离、饮排分离等手段减少污染物的产生和数量；采用用水量少的干清粪工艺，减少污染物的排放总量，降低污

水中的污染物浓度，从而降低处理难度及处理成本，同时也可使固体粪污的肥效得以最大限度的保存和处理利用。

6.2.1.4 养殖场畜舍的改建

对于养猪场来说，畜舍的设计十分重要。合理设计的猪舍可对 67% 的氨产生影响，清除粪便可影响另外 25% 的氨，调整饲料对氨的影响占 15% ~ 20%。对于我国推行的干清粪工艺，从猪舍结构上可进行如下设计：可采用有一定坡度的实体地面猪床，低处设污水沟(明沟或上盖铁篦子)的猪栏设计；对分娩舍和仔猪保育舍采用网床，其他猪群采用漏缝地板，其下可不设水冲和水泡沟，而设清粪道及排粪沟。

6.2.1.5 养殖场环境管理技术的提高

加强畜舍环境管理也是实施清洁生产、减少畜舍污染的有效途径之一。具体措施包括及时清粪、加强通风、注意消毒、预防死畜污染等等。

6.2.2 畜禽养殖污染预处理技术

畜禽养殖粪污中含有大量动物毛发、残余饲料、粪渣、粗砂及杂物等悬浮固体。这些悬浮物不仅可导致水泵、阀门和管道等的机械磨损而缩短使用寿命，导致管道堵塞，消化器的淤积，有效容积的减少；而且容易腐化，大量带入后续生物处理过程，将严重影响后续处理工艺的处理效果。应根据养殖场粪污特点，结合处理工艺特点，选择合理的预处理工艺。

6.2.2.1 化粪池

化粪池是最为广泛利用的处理工艺。具有工艺简单、投资运行费用低、稳定化程度高等优势。但化粪池出水不能直接排放水体，常在绿地下设渗水系统，排除化粪池出水。化粪池主要包括单格式、双格式、三格式等不同类型，实际应用中应考虑水质、水量等因素综合确定化粪池结构。

6.2.2.2 调浆池

调浆池也被称为预水解池，由于干清粪收集的畜禽粪便含水率较低，因此往往需要在工艺前段设置调浆池，干清粪通过传送带或人工方式进入池中，同时向池内添加水，从而将畜禽粪污调配至沼气发酵反应器所需求的含水率。调浆池内设搅拌装置，粪污在其中实现充分的均质。

6.2.2.3 沉砂池

沉砂池的功能是利用物理原理去除污水中密度较大的无机颗粒污染物，如泥沙、煤渣等。废水中按池内水流方向的不同，沉砂池的形式可分为平流式沉砂池、竖流式沉砂池、曝气沉砂池和旋流式沉砂池等。

6.2.2.4 预加热池

沼气发酵反应器一般需在 35℃ 条件下运行，我国大多数地区都难以确保长期确保其反应条件，因此，一般需要在调浆池后，沼气发酵反应器之前设立预加热池，加热介质可以采用热水或蒸汽，加热方式可采用蛇形管或蒸汽管。

6.2.2.5 固液分离技术

固液分离就是使用一些机械设备将粪液中的固体和液体部分分开，它又被称为机械脱水处理。目前，适用于处理畜禽粪便污水的固液分离设备和设施主要有机械格栅、水力筛网、螺旋挤压分离机、

沉淀池等。

在机械脱水处理中，脱水是粪便处理的关键环节。脱水固液分离后的粪便不仅可大大减少臭味，而且还便于后序加工和使用。目前国内机械脱水处理粪便的设备，按其工作原理划分，主要有离心式分离机和过滤式分离机等型式。脱水机的选择应根据所处理泥量、工作时间及场地等要求综合考虑。

6.2.3 畜禽养殖废水污染控制技术

6.2.3.1 废水的厌氧生物处理技术

厌氧生物处理技术是指在无氧的条件下，通过一系列微生物的协同作用将有机物分解转化的过程。其反应的终端产物是 CH_4 和 CO_2 ，同时还伴有少量的 N_2 、 H_2 、 NH_3 、和 H_2S 的产生。从最早的化粪池工艺，至如今的第三代厌氧反应器，厌氧生物处理工艺已发展近百年的时间。

第一代厌氧反应器的典型代表即普通消化池，其特点是在单池内同时实现厌氧发酵反应过程及液体与污泥的分离过程，通常是间断进料。被处理液料投入池内与池中污泥混合，通过厌氧微生物的吸附及降解作用，使液料中的有机污染物转化为 CH_4 和 CO_2 等产物。为了使进料和污泥密切接触通常设有搅拌装置。中温和高温发酵时，一般采用池外热交换等方法间接加热或采用蒸汽直接加热。

第二代厌氧反应器是随着微生物学、生物化学等学科的发展以及人们对厌氧生物处理技术的研究不断深入而诞生的，典型代表为上流式厌氧污泥床（简称 UASB）。此类反应器共同特点是实现了污泥停留时间与水力停留时间的分离，处理负荷得到了很大地提高。UASB 反应器主要由反应器主体，进水分配器，三相分离器三个部分构成。废水经进水分配系统进入反应器的底部，向上流过密实的厌氧污泥床，并最终由反应器上端出水口流出。有机物在厌氧微生物的作用下转化为沼气。在反应器顶部三相分离器区域，颗粒污泥脱离附着气泡沉入底部，处理后的污水由顶部排出反应器外。

第三代厌氧反应器包括：颗粒污泥膨胀床(EGSB)反应器、厌氧内循环(IC)反应器、厌氧升流式流化床(Biobed EGSB)、厌氧流化床和厌氧气提反应器等。通常由进水系统、反应器的池体、三相分离器和回流系统四个部分组成。反应器内液体上升流速是 UASB 反应器和 EGSB 反应器的主要区别，由于采用出水循环，EGSB 的整个床层都处在膨胀状态，内部水力流态近乎完全混合，充分保证了进水基质与颗粒污泥混合接触，抵消了短流效应，增加了反应器对有机负荷及毒性物质的承受能力，进一步增强了 EGSB 反应器的出水效果。

6.2.3.2 畜禽废水好氧处理技术

对于以畜禽养殖废水为代表的高浓度有机废水，厌氧反应器出水难以直接达到排放标准，仍需好氧方法进行后续处理。废水的好氧生物处理技术是在有游离氧存在的条件下，降解有机物，使其稳定、无害化的处理方法。在废水处理工程中，好氧生物处理法可分为氧化塘、活性污泥法、生物膜法两大类。

6.2.3.3 剩余污泥综合处理技术

好氧生物处理过程中会产生大量的剩余污泥，需要通过合理的处理手段对其进行无害化处理，常规的污泥处理手段一般通过各种手段降低污泥的含水率及有机物比例，主要的工艺类型包括污泥浓缩、污泥脱水、污泥消化、污泥焚烧等。

6.2.3.4 沼气发酵工艺

与废水的厌氧生物处理工艺相同，沼气发酵工艺同样基于厌氧消化技术，不同的是厌氧水处理工艺处理对象主要为高浓度有机废水，以废水的达标排放为目标，为好氧水处理工艺的前处理部分，而沼气发酵工艺处理对象主要为高含固率的畜禽粪便，以沼气的回收利用为目标。典型的工艺主要包括

全混式沼气发酵工艺 (CSTR), 升流式固体污泥床沼气发酵工艺 (USR), 两相沼气发酵工艺等等。

全混式沼气发酵工艺是传统厌氧消化池的改进工艺技术。通过机械搅拌作用, 畜禽粪污在沼气发酵反应器内与厌氧发酵微生物实现有效混合, 有机物在微生物的作用下转化为沼气等产物。全混式沼气发酵反应器一般为间歇运行, 发酵混合液不经固液分离直接排出反应器外。

升流式固体污泥床沼气发酵工艺采用升流式的进水方式, 在反应器体外加热, 不采用搅拌措施, 在池内同时完成消化反应、污泥浓缩和出水澄清等功能。高浓度的污泥沉积在反应器的底部, 在进料时置换出去的是上部含固量较少的清液, 在一定程度上加大了固体停留时间, 使得固体停留时间超过水力停留时间, 从而改善了消化效果, 减少处理的水力停留时间。

两相沼气发酵工艺针对不同微生物特性开发出的一种新工艺, 通过人为控制厌氧反应(水解酸化反应, 产甲烷反应)在两个反应器内分别进行, 从而有效的提高反应效果。相比较传统单相沼气发酵反应器, 分相发酵减少了总的反应器体积; 改善了系统稳定性; 提高了甲烷种群的停留时间。采用生产性规模的两相工艺在处理各类废水、污水污泥、畜禽粪便等方面取得满意的效果。

6.2.3.5 畜禽粪污堆肥技术

堆肥是在人工控制的好氧条件下, 在一定水分、C/N 比和通风条件下, 通过微生物的发酵作用, 将对环境有潜在危害的有机质转变无害的有机肥料的过程。在这种过程中, 有机物由不稳定状态转化为稳定的腐殖质物质。这一过程的产物称为堆肥产品。根据生物处理过程中起作用的微生物对氧气需求不同, 可以把固体废物堆肥分为好氧堆肥和厌氧堆肥。前者是在通风条件下, 有游离氧存在时进行的分解发酵过程, 堆肥堆温高, 一般在 55~65℃, 有时高达 80℃, 故亦称高温堆肥。后者是利用厌氧微生物发酵造肥。

(1) 好氧堆肥技术

好氧堆肥是在有氧条件下, 依靠好氧微生物(主要是好氧细菌)的作用来进行的。在堆肥过程中, 有机废物中的可溶性有机物物质, 渗入细胞。微生物通过自身的生物代谢活动, 对一部分有机物进行分解代谢, 即氧化分解以获得生物生长、活动所需要的能量, 把另一部分有机物转化合成新的细胞物质, 使微生物生长繁殖, 产生更多的生物体。现代化的堆肥生产一般采用好氧堆肥工艺, 通常由前(预)处理、主发酵(亦可称一次发酵、一级发酵或初级发酵)、后发酵(亦可称二次发酵、二级发酵或次级发酵)、后处理、脱臭和贮存等工序组成。

(2) 厌氧堆肥技术

厌氧堆肥是在无氧的条件下, 借厌氧微生物(主要是厌氧菌)将有机质进行分解, 被分解的有机碳化物中的能量大部转化储存在甲烷中, 仅一小部分有机碳化物氧化成二氧化碳, 释放的能量供微生物生命活动的需要。在这一分解过程中, 仅积储少量的微生物。厌氧发酵工艺有机物分解缓慢, 发酵周期 4~6 个月。

6.2.3.6 畜禽粪污干燥技术

干燥处理是利用燃料、太阳能、风等能量, 对畜禽粪便进行处理。干燥的目的, 不仅在于减少粪便中的水分, 而且还要达到除臭和灭菌(包括一些致病菌和寄生虫等)的效果。因此, 干燥后的畜禽粪便大大降低了对环境的污染。且干燥后的畜禽粪便可加工成颗粒肥料, 或作为畜禽的饲料, 具有多种用途。

(1) 塑料大棚自然干燥

这是一种利用太阳能自然干燥的粪便处理方法。将粪便平铺在塑料棚内地面上, 棚内设有两条铁轨, 其上装有可活动的、带有风扇的干燥搅拌机, 粪便在太阳光的照射下自然干燥发酵。这种方法具

有投资小、易操作、成本低等优点。

(2) 高温快速干燥

高温快速干燥采用煤、重油或电产生的能量进行人工干燥。该方法的优点是不受季节、天气的限制，可连续、大批量生产；设备占地面积小；能保留畜禽粪污的养分(只损失 4%~6%)，同时可达到去臭、灭菌、除杂草等效果。

(3) 烘干和热喷法

烘干法是将畜禽粪污倒入烘干箱内烘干，可达到干燥、灭菌、耐贮藏的效果。热喷处理是一种大批量处理畜禽粪污制再生饲料的技术。粪污经预干使水份降低到 30% 以下时装入压力罐内，然后通入由锅炉产生的高温、高压蒸汽保持几分钟，再进行全压喷放，所得的热喷物料已不含虫菌且细碎、蓬松、无臭味。

6.2.4 畜禽养殖场臭气的污染控制技术

养殖场有味气体来源于多个方面，如动物呼吸、动物皮肤、饲料、死禽死畜、动物粪尿和污水等，其中动物粪尿和污水在堆(存)放过程中有机物的腐败分解是养殖场气味的主要发生源。一般来自于养殖舍地面、粪水贮存池、粪便堆放场等。

恶臭成分复杂，具体成分包括挥发性脂肪酸、醇类、酚类、酸类、醛类、酮类、胺类、硫醇类，以及含氮杂环化合物等 9 类有机化合物和氨、硫化氢两种无机物。治理恶臭气体的常用方法见表 6.14。控制动物排泄后粪便臭味，常用的除臭技术主要包括物理除臭、化学除臭和生物除臭几方面。

表 6.14 恶臭气体的常用治理方法

方法	条件	适用对象
吸收法	物理吸收法	
	水	水溶性恶臭成分
	化学吸收法	
	碱	酸性恶臭成分
	酸	碱性恶臭成分
	臭氧、次氯酸钠	易氧化分解的恶臭成分
吸附法	物理吸收剂	
	活性炭	碳氢化合物
	化学吸收剂	
	浸渍活性炭	硫化氢等物理吸附量较少的成分
	脱臭剂	碱性、酸性恶臭成分
	氧化铁系脱硫剂	硫化氢
燃烧法	直接燃烧法	可燃性恶臭成分
	催化燃烧法	
	浓缩燃烧法	
微生物法	活性污泥	恶臭废水
	土壤微生物	
中和和掩蔽法	适当的中和剂或掩蔽剂	低浓度恶臭成分

6.2.4.1 化学除臭剂法

化学除臭剂可通过化学反应把有味的化合物转化成无味或较少气味的化合物。化学物质对畜禽粪

的保氮除臭原理有两个方面：一是氧化剂类物质对粪肥中的挥发性物质氨等有氧化作用而减少挥发；二是中和剂类物质对粪肥中的挥发性物质氨等靠酸、碱的中和反应而减少挥发。常用的化学氧化剂有高锰酸钾、重铬酸钾、硝酸钾、双氧水、次氯酸盐和臭氧等。除此以外，还有抗活性剂和表面活性剂等。抗活性剂可与有味气体化合物结合以减少气味的产生。表面活性剂则可通过在表面形成一层薄膜并与有味化合物产生化学反应，从而减少气味的产生。

6.2.4.2 生物除臭剂法

生物除臭剂可通过控制(抑制或促使)微生物的生长减少有味气体的产生。生物助长剂包括活的细菌培养基、酶或其它微生物生长促进剂等。近年来，有地区利用微生物发酵床垫料处理粪便，其方法是在饲养猪舍床面上先铺一层锯木屑，再洒上一层可以分解粪尿的微生物。这些微生物可在短时间内将猪粪中蛋白质分解，把氨气变成硝酸，硫化氢变成硫酸，达到除臭目的。但这种方法在夏季很可能造成病原菌繁殖。

6.2.4.3 吸收法

吸收法是利用恶臭气体的物理或化学性质，使用水或化学吸收液对恶臭气体进行物理或化学吸收脱除恶臭的方法。即用适当的液体作为吸收剂，使恶臭气体与其接触，并使这些有害组分溶于吸收剂中，气体得到净化。目前工业上常用的吸收设备主要有三大类，分别为表面吸收器、鼓泡式吸收器、喷洒式吸收器。

6.2.4.4 吸附法恶臭处理技术

吸附法是利用吸附材料对恶臭气体进行脱除的方法。吸附的效率取决于材料的面积/质量比，面积/质量比又取决于材料的孔隙度。一般来说，溶解性高、易于转化成液体的气体的吸附和吸收效果较好，如 H_2S 、 NH_3 和 SO_2 等气体。典型的工业上使用的吸附装置常由圆柱形的容器组成，内设两个活性炭吸附床。当被污染的气体通过吸附床时会被活性炭吸附。

6.2.5 发酵剩余物综合利用技术

畜禽粪污厌氧发酵会产生大量的厌氧残留物（即沼渣和沼液），这些残留物属高浓度污染物，无法直接排放至环境中。通过建设后续处理设施进行达标处理又导致建设运行成本大量增加，因此存在严重的消纳问题。事实上，沼渣、沼液中含有丰富的氮、磷、钾，氨基酸、丰富的微量元素、B 族维生素、各种水解酶、有机酸和腐殖酸等生物活性物质，刺激作物生长，增强作物抗逆性及改善产品品质。这些物质作为有机肥料使用可实现资源的二次利用。根据发酵剩余物的处理工艺即最终去向，可划分为初级利用技术及高值利用技术。

6.2.5.1 发酵剩余物初级利用技术

沼液是沼气发酵后的残留液体，其总固体含量约小于 1%，沼液中含有作物生长所需的氮、磷、钾等营养元素，是很好的有机肥料。同时，沼液中存留了丰富的氨基酸、B 族维生素、各种水解酶、某些植物生长素、对病虫害有抑制作用的物质或因子，因此可以作为添加剂喂鱼、养牛、养猪等，还可以用作防止作物的病虫害。

沼渣是沼气发酵后残留在沼气池底部的半固体物质，含有丰富的有机质、腐殖酸、粗蛋白、氮、磷、钾和微量元素等，是一种优质肥料和养殖饵料。沼渣目前主要用做农业有机肥，如基肥、追肥等，连续使用三年可使田地的活土层增加 6 厘米左右，提高产量 5%~10%。与碳铵、过磷酸钙堆沤，能够增加腐殖质的活性，提高磷素活性，有明显的增产效果。

6.2.5.2 沼液浓缩高值利用技术

畜禽粪污发酵过程产生的沼液富含多种营养物质，可通过回用农田的方式进行消纳。但每年有近三个月的时间不需对农田进行灌溉施肥。故沼气工程往往需要建设储存时间大于三个月的沼液储存池。这在大部分工程中难以实现，也在一定程度上影响了沼气工程的推广与实施。已经有部分研究利用膜技术对沼液进行浓缩，如采用反渗透技术将沼液分离为浓缩液及透过液，透过液可通过多种方式进行回用，浓缩液体积大大降低（为原液的 20%-25%），便于储存于运输，也便于高效有机复合肥的制备。

6.2.6 沼气净化技术

畜禽粪污厌氧发酵过程中会产生大量的沼气，沼气是含饱和水蒸汽的混合气体，除含有气体燃料 CH_4 和惰性气体 CO_2 外，还含有 H_2S 和悬浮的颗粒状杂质。 H_2S 不仅有毒，而且有很强的腐蚀性。过量的 H_2S 和杂质会危及发电机组的寿命，因此新生成的沼气不宜直接做燃料，还需进行气水分离、脱硫等净化处理。

6.2.6.1 氧化铁脱硫法

化学脱硫是应用最为广泛的沼气脱硫技术之一。以氧化铁为脱硫剂的干法脱硫技术为主。沼气中的硫化氢与活性氧化铁接触，生成三硫化铁，然后含有硫化物的脱硫剂与空气中的氧接触，当有水存在时，铁的硫化物又转化为氧化铁和单质硫。这种脱硫再生过程可循环进行多次，直至氧化铁脱硫剂表面的大部分孔隙被硫或其它杂质覆盖而失去活性为止。

6.2.6.2 化学氧化脱硫法

化学氧化法是通过氧化剂将硫化物转化为单质硫。在工程领域的应用已有近百年的历史。但传统化学氧化法使用的氧化剂不能循环使用，导致在处理过程中需要不间断投加氧化剂。同时，化学氧化法产物中单质硫可能进一步被转化为硫酸盐，使得硫去除不彻底，从而影响脱硫的效率。近年来国内外对氧化剂的选择再生领域进行了大量研究。

6.2.6.3 生物脱硫法

生物脱硫法是利用无色硫细菌，如氧化硫硫杆菌、氧化亚铁硫杆菌等，在微氧条件下将 H_2S 氧化成单质硫。这种脱硫方法已在德国沼气脱硫中广泛使用，在国内某些工程已有采用，具有不需要催化剂、不需处理化学污泥，产生很少生物污泥、耗能低、可回收单质硫、去除效率高等系列优点。

6.2.7 沼气利用技术

6.2.7.1 沼气简单利用

沼气中的甲烷是一种优质的气体燃料，其火焰温度最高可达 1400°C ，在标准状况(101.325kPa 、 25°C)下， 1m^3 甲烷燃烧后可放出大约 358226kJ 的热量，相当于 1kg 煤或是 0.7kg 汽油。沼气的组成完全符合民用煤气相关要求，可用作锅炉或工业加热窑炉的燃料，也可通过沼气锅、沼气灯、沼气灶的设施供住户使用。

6.2.7.2 沼气发电

沼气可用作气体发动机的燃料，带动发电机发电。以沼气中甲烷含量 65% 计算， 1m^3 沼气可发 1.6-1.9 度电。沼气的燃烧热只有 25%-30% 能为沼气发电机利用，其余 70% 中有 30% 传给水套中的热水，30% 被烟道气带走，10% 散失损失。采用热电联产方式能够回收大部分散失的热量 40%-50%。

6.2.7.3 沼气制天然气技术

目前，高效和高值利用沼气的最佳方式是将沼气净化到天然气级别，并用作车用燃料或天然气替代品。这种经净化的沼气应被称为“生物天然气”(Bio-Natural Gas, BNG)。在瑞士、瑞典、挪威、德国和美国等国家，已有长期运行装置的经验，这种技术具有经济和生态效益，目前已发展到了工业规模应用的程度。

7.最佳可行技术的确定

7.1 污染防治最佳可行技术的确定原则

(1) 综合防治原则

本指南根据清洁生产和循环经济的理念和指导思想，确定畜禽养殖行业环境污染治理应尽量从源头控制，从而实施以防为主，防治结合的原则。推广干清粪，从源头上减少污染物的产生，从而降低和减轻污染物末端治理的压力，提高环境污染防治和管理水平。

(2) 全过程管理原则

本指南始终体现全过程控制和管理的原则，规定了从主体工艺到末端污染治理全过程的污染防治最佳可行技术及其环境管理实践要求，从而实现对环境的高水平整体保护。

(3) 因地制宜的原则

在选择最佳可行技术时，紧密结合了畜禽养殖的特点，因地制宜地选择污染防治的最佳可行技术。

(4) 节能减排的原则

根据国务院颁布的《国家环境保护“十一五”规划》以及《节能减排综合性工作方案》的指导思想和方针，技术的选择和管理也应全面体现节能减排的原则。

(5) 循环经济的原则

本指南对畜禽养殖行业生产工艺、清粪工艺以及污染防治技术都做了概要性的描述，并对其环境效果、二次污染、经济成本以及综合利用途径等做了详细分析，目的在于通过技术的环境效果和经济分析，确定最佳可行技术，促进产业循环经济发展，提高产业经济效益。

7.2 评估方法和筛选过程

7.2.1 评估方法概述

根据畜禽养殖污染防治技术特性，客观、合理的对现有畜禽污染防治技术进行评价，实现项目评价的科学性，将畜禽污染防治技术结合规模进行评估，步骤如图 7.1。

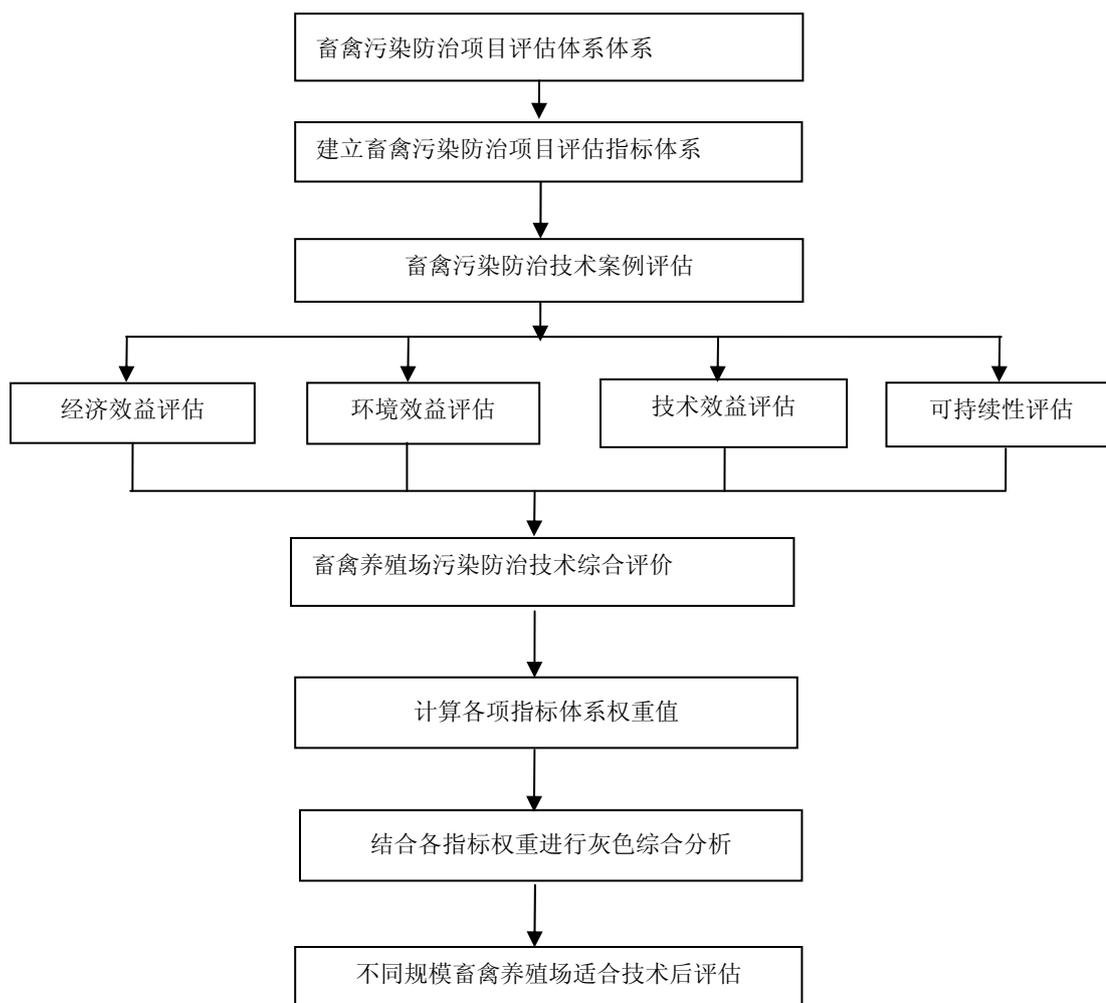


图 7.1 畜禽养殖污染防治技术评估步骤

7.2.2 评价指标体系的建立

畜禽养殖污染防治案例后评价将以畜禽养殖污染防治工程最终达到的目标作为评审对象，按照系统、可行、独立和定性与定量相结合为原则，选取具有代表性，易于取得数据或易于量化，并能被专家评价打分的指标系统。

畜禽养殖污染防治后评估指标体系是一组客观反映畜禽养殖污染防治项目建设、投产运行后产生的效益的既相互独立、又相互关联的有机整体，根据畜禽养殖污染防治工程特点，指标体系选取如下评价指标。

7.2.2.1 经济效益指标

畜禽养殖污染防治技术主要目的为减少环境污染，但畜禽养殖企业属于高风险企业，如果环保投资高于企业总资产的 10%，企业将无法承担污染防治项目的建设费用。因此，将经济效益作为评价畜禽污染防治工程的一项指标。在经济效益指标下，分别列入投资成本、运行成本和可产生再生资源三项子指标。

(1) 投资成本

一个污染防治工程的建立要有工程设计成本、土建、设备成本等一系列工程投资，选择工艺、使用设备材料的不同，甚至不同的建设单位，都会产生不同的投资成本。

(2) 运行成本

一个污染防治工程建成后，保持正常运行还有设备折旧、燃动力、人工工资、维修等各项费用支撑，即运行成本，运行成本的高低也是企业选择工程项目种类的一个重要因素。

(3) 可产生再生资源效益

目前使用的一些畜禽养殖污染防治工程，如厌氧发酵技术，在处理畜禽粪便的同时，可以产生沼气、沼液、沼渣，其中沼气通过净化可以作为燃料或者发电，沼液、沼渣可以作为有机肥使用或销售，这三项产出都可以产生经济效益平衡工程项目投资成本，也是影响工程效益的因素。

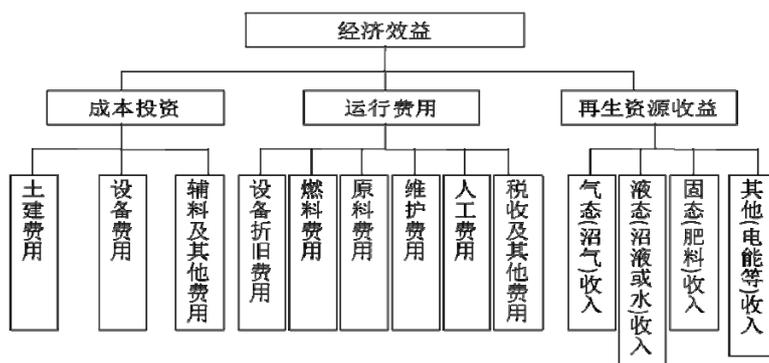


图 7.2 经济效益指标构成

7.2.2.2 环境效益指标

畜禽养殖污染防治工程建立的主要目的是减少环境污染，实现达标排放，因此，环境效益作为评价指标，环境效益指标包括处理效益、环境目标和存在问题三项子指标。

(1) 处理效益

不同污染防治工程对各种污染物处理的效果各不相同，处理效益是客观反映效能的主要因素，处理效益通过对各种污染物处理能力来反映。

(2) 环境目标

环境目标是指环境行政管理部门要求企业承担的环境保护责任，一般是指企业所排污染物浓度限制，污染防治工程具有处理效果，但不一定可以达到环境目标，将污染处理工程是否达到环境目标作为一个子指标进行考核。

(3) 存在问题

任何一种处理工艺或多或少都存在各自的优缺点，将存在的问题作为评价污染防治工程项目的一项指标，可以客观、全面反应工程的整体效益。

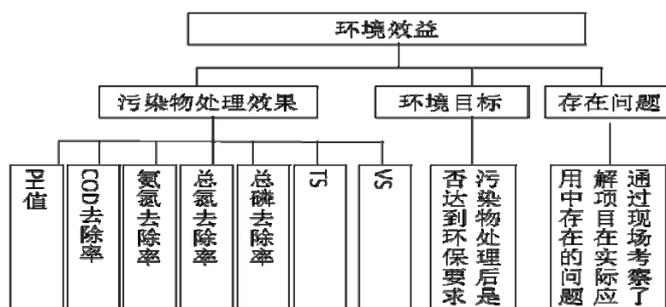


图 7.2 环境效益构成

采用有无对比法，对畜禽养殖污染防治技术的环境效益进行评价，评估对环境污染减排的贡献率。

7.2.2.3 技术效益指标

畜禽养殖污染防治工程采用的处理技术，技术的好坏是工程成功与否的关键是畜禽养殖污染防治工程的核心，后评估选择技术效益作为一项指标，包括技术成熟性、先进性和可推广型三项子指标。

(1) 技术成熟性

是指畜禽养殖污染防治处理工艺技术具有的社会成熟度，反映技术是否符合畜禽污染防治的要求，是否可以被畜禽企业充分使用，是否具有可操作性。

(2) 技术先进性

指技术是否在目前市场存在的处理工艺中所处位置，是否属于领先工艺，是否适合目前我国环境保护发展理念，符合污染防治市场的发展。

(3) 技术可推广性

通过实际操作，评价技术的可利用价值，是否可以作为典型工艺，具有向社会推广的价值，具有其他企业借鉴、使用的价值。

通过技术效益后评价，了解不同工艺的优缺点，为不同规模畜禽企业适用的污染防治技术的推荐起铺垫作用。

7.2.2.4 可持续性指标

一个项目的成功与否要看项目的可持续性，项目可持续性首先要看项目本身工艺的复杂性，对项目技术工作人员的要求，可持续性作为本次后评价一项指标，下设国家政策扶持、国家经济扶持和对技术管理人员的要求三项子指标。

(1) 国家政策扶持

畜禽养殖业属高风险、低利润企业，国家政策的扶持对于畜禽养殖污染防治技术的持续性起到至关重要的作用。

(2) 国家经济扶持

除了政策上的大力扶持外，经济上的扶持对于畜禽企业污染防治项目起到决定性的作用，决定企业投资哪项污染处理工艺，资金是主要决定因素。

(3) 对技术管理人员要求

一个项目的持续性除了国家的政策、经济扶持这两项外部因素外，如果项目自身工艺不成熟，过于依赖于技术人员，项目很难维持。

7.2.3 权重的确立

7.2.3.1 大型养殖场

根据大型畜禽养殖场养殖特点，将专家对大型畜禽养殖场各指标两两判断比较结果进行整理，建立子准则层层指标矩阵、目标层指标矩阵和针对每一项子指标方案层的各个权重，通过指标矩阵测算各层的单层权重，最后得出针对每一个指标体系各个处理方式的指标权重系数：

表 7.1 灰色层次分析综合评价体系

评价指标	成本投资	运行费用	可再生资源收益	污染物处理效率	实现环境目标	存在环境隐患	技术先进性	技术可推广性	技术成熟度	国家经济扶持	国家政策扶持	技术人员要求
权重	0.1884	0.081	0.7306	0.2583	0.637	0.1047	0.1047	0.2583	0.637	0.637	0.2583	0.1047

7.2.3.2 中型养殖场

整理专家对中型畜禽养殖场各指标两两判断结果，建立子准则层层指标矩阵、目标层指标矩阵和针对每一项子指标方案层的各个权重，通过指标矩阵测算各层的单层权重，最后得出针对每一个指标体系各个处理方式的指标权重系数，汇总、综合专家对中型养殖场的评价结果，得到结果如下：

表 7.2 权重分布

评价指标	成本投资	运行费用	可再生资源收益	污染物处理效率	实现环境目标	存在环境隐患	技术先进性	技术可推广性	技术成熟度	国家经济扶持	国家政策扶持	技术人员要求
权重	0.1047	0.2583	0.637	0.2583	0.637	0.1047	0.1047	0.2583	0.637	0.637	0.1047	0.2583

7.2.3.3 小型养殖场

根据专家对小型畜禽养殖场各指标两两判断结果，建立子准则层层指标矩阵、目标层指标矩阵和针对每一项子指标方案层的各个权重，通过指标矩阵测算各层的单层权重，最后得出针对每一个指标体系各个处理方式的指标权重系数，汇总、综合专家对中型养殖场的评价结果，并列出现色综合评价参考数据：

表 7.3 灰色层次分析综合评价体系

评价指标	成本投资	运行费用	可再生资源收益	污染物处理效率	实现环境目标	存在环境隐患	技术先进性	技术可推广性	技术成熟度	国家经济扶持	国家政策扶持	技术人员要求
权重	0.7306	0.1884	0.081	0.2583	0.637	0.1047	0.1047	0.2583	0.637	0.637	0.2583	0.1047

7.3 最佳可行技术评估结果

本指南中提供的备选技术，均由畜禽养殖行业采用的现行技术中筛选产生，是目前国内畜禽养殖企业在生产实践中已有使用，技术成熟可靠，治理效果显著，受到业界的认可和推崇，占主导地位的工艺和技术；推荐的最佳可行技术，是由备选技术中筛选产生，是在资源消耗、能源消耗、污染物排放、经济成本等方面综合评定后确定的最佳可行技术。

7.3.1 大型养殖场最佳可行技术评估

表 7.4 大型养殖场最佳可行技术筛选理由

备选技术	是否入选	入选或未入选最佳可行技术原因
------	------	----------------

	最佳可行技术	
干清粪技术	是	符合产业政策，源头污染物减量
病死畜禽尸体焚烧技术	是	死尸产量较大，适合焚烧处理
病死畜禽尸体填埋技术	否	死尸产量较大，填埋安全性、占地等无法满足
病死畜禽尸体高温灭菌技术	否	死尸产量较大，高温灭菌实施较为困难
物理除臭技术	是	成本较低，便于操作
化学除臭技术	否	成本较高
生物除臭技术	否	成本教高
粪便堆肥技术	否	粪便全部用于产生沼气，不需要堆肥
生物发酵床技术	否	大规模养殖场对圈舍的改造较为困难
连续搅拌反应器（CSTR）技术	是	效率高、适合于大容积的厌氧消化反应器
升流式固体厌氧反应器（USR）技术	否	大容积反应器难以确保搅拌均匀
升流式厌氧污泥床（UASB）技术	否	固液混合物料不适合于该类反应器
沼气脱硫技术	是	沼气后续利用必须设置
沼气脱水技术	是	沼气后续利用必须设置
沼气热电联产技术	是	连续产生大量沼气，发电上网较为合适
沼气直燃技术	否	沼气产量巨大，直燃消纳能力有限
沼渣、沼液土地利用技术	是	沼液、沼渣作为农用肥料应该回归农田
畜禽养殖废水末端处理技术	否	资源化利用，无需处理

7.3.2 中型养殖场最佳可行技术评估

表 7.5 中型养殖场最佳可行技术筛选理由

备选技术	是否入选最佳可行技术	入选或未入选最佳可行技术原因
干清粪技术	是	符合产业政策，源头污染物减量
病死畜禽尸体焚烧技术	是	死尸产量较大，适合焚烧处理
病死畜禽尸体填埋技术	否	死尸产量较大，填埋安全性、占地等无法满足
病死畜禽尸体高温灭菌技术	否	死尸产量较大，高温灭菌实施较为困难
物理除臭技术	是	成本较低，便于操作
化学除臭技术	否	成本较高
生物除臭技术	否	成本教高
粪便堆肥技术	是	根据规模和要求，可以选择堆肥处理技术
生物发酵床技术	否	大规模养殖场对圈舍的改造较为困难
连续搅拌反应器（CSTR）技术	否	能耗高，不适合于中等规模养殖场
升流式固体厌氧反应器（USR）技术	是	节能，能够进行初步固液分离，减少占地
升流式厌氧污泥床（UASB）技术	否	固液混合物料不适合于该类反应器
沼气脱硫技术	是	沼气后续利用必须设置
沼气脱水技术	是	沼气后续利用必须设置
沼气热电联产技术	是	连续产生大量沼气，发电上网较为合适
沼气直燃技术	是	根据沼气规模，可以选择供户用。
沼渣、沼液土地利用技术	是	沼液、沼渣作为农用肥料应该回归农田
畜禽养殖废水末端处理技术	是	如粪便用于堆肥，则污水需要做末端处理

7.3.3 小型养殖场最佳可行技术评估

表 7.6 小型养殖场最佳可行技术筛选理由

备选技术	是否入选最佳可行技术	入选或未入选最佳可行技术原因
干清粪技术	是	符合产业政策，源头污染物减量
病死畜禽尸体焚烧技术	否	小规模死尸产量较少，不适合于建设焚烧炉
病死畜禽尸体填埋技术	否	死尸产量较小，填埋实施简单
病死畜禽尸体高温灭菌技术	否	高温灭菌实施较为困难
物理除臭技术	是	成本较低，便于操作
化学除臭技术	否	成本较高
生物除臭技术	否	成本较高
粪便堆肥技术	否	生物发酵床直接产生肥料产品
生物发酵床技术	是	污染低排放，操作运行简易。
连续搅拌反应器（CSTR）技术	否	不选择沼气发酵技术
升流式固体厌氧反应器（USR）技术	否	不选择沼气发酵技术
升流式厌氧污泥床（UASB）技术	否	不选择沼气发酵技术
沼气脱硫技术	否	不选择沼气发酵技术
沼气脱水技术	否	不选择沼气发酵技术
沼气热电联产技术	否	不选择沼气发酵技术
沼气直燃技术	否	不选择沼气发酵技术
沼渣、沼液土地利用技术	否	不选择沼气发酵技术
畜禽养殖废水末端处理技术	否	该技术基本无废水产生

8. 指南实施建议

本指南围绕畜禽养殖过程中污染防治的实施需要，在对不同区域、不同养殖类型、不同养殖规模的养殖场粪污处理处置技术进行系统分析和评估的基础上，结合国际发展趋势和要求，提出了最佳可行技术和最佳环境管理要求，对于推进畜禽养殖场粪污处理处置设施建设中技术选择、工程设计、工程施工、设施运营、监督管理等方面工作具有重要的指导意义。

本指南确定的最佳可行技术仅为现阶段推荐的最佳可行技术，应用中在鼓励采用指南推荐的最佳可行技术的同时，也应鼓励引进国外先进的污染防治技术以及应用国内自主研发的成熟、可靠的新技术，并应根据国内畜禽养殖业污染防治水平的提高适时修订指南推荐的最佳可行技术。