

农业农村部行业标准
《猪场粪污高床发酵技术要求》
(公开征求意见稿)
编制说明

《猪场粪污高床发酵技术要求》编制组

2023年11月

一、工作简况

（一）任务来源

《农业农村部办公厅关于下达 2018 年农业国家、行业标准制定和修订项目任务的通知》（农办质[2018]20 号）第 65 项，项目计划编号：农办质[2018]20 号 201865，标准主要起草单位是 XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX。由 XXXX 主持承担“规模化养猪场粪污高床发酵技术规程”制定任务，本标准由全国畜牧业标准化技术委员会技术归口，标准起草首席专家为 XXX。

（二）制定背景

据统计，我国每年产生畜禽粪污约 38 亿吨，综合利用率不足 60%，已成为全世界最大的农业废弃物产生国。根据第一次全国污染源普查结果，农业污染源总氮、总磷排放已分别占排放总量的 57.2%和 67.4%。大量的养殖粪污未得到有效处理即排向周边环境，造成了严重污染。养殖场粪污处理已成为一件关系国计民生的大事，引起了上至中央下至企业和公众的高度重视。

当前，我国畜禽养殖排泄物治理的模式较多，归纳起来，主要有以下几种：粪污全量还田模式、粪便好氧堆肥模式、粪污厌氧发酵模式、粪污高床发酵模式、粪污异位发酵床处理模式、废水处理达标排放模式等。粪污高床发酵模式将养猪生产与废弃物处理相结合，利用微生物好氧发酵原理，将养猪废弃物转化为固体有机肥料，既能保障正常养猪生产，又能减少用水，实现无废

水排放、且运行费用低，基本能够解决养猪废弃物的污染问题。该模式采用两层结构的高床猪舍养猪，其中二层养猪，一层利用微生物好氧发酵原理，以稻壳、锯末等有机垫料消纳养猪过程中产生的猪粪尿，转化为发酵垫料，再利用快速好氧堆肥技术，将发酵垫料转化为优质有机肥料，实现变废为宝。

粪污高床发酵模式在我国养殖粪污处理中应用案例较多，受高床结构、地域、气候等因素影响，该技术在不同地区应用条件、工艺控制等方面均有所不同，目前尚无标准可参考。土建投资、设备型号、单位面积处理量、运行成本和产品质量等方面均无实现规范化和标准化，因此在目前全面推进养殖环境治理大背景下，急需尽快出台一项针对养殖粪污处理的粪污高床发酵模式技术标准，以指导大批养殖场的环境治理。

（三）起草过程

1. 成立标准起草组

2017年10月，组建标准起草团队，开始申报工作。标准起草组人员有：XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX、XXX，以上人员来自XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX、XXXX等单位，长期从事畜禽粪便好氧发酵处理相关研究与技术工作。

标准起草任务分工见表1。

表 1 标准起草任务分工

姓名	工作单位	职务/职称	任务分工
XXX	XXXX	教授	项目主持，负责标准立项、调研、编写、研讨、修改和报批等工作，参与标准编写全过程。
XXX	XXXX	高级工程师	负责标准内容起草、主要内容编写和修改，参与标准编写全过程。
XXX	XXXX	研究员	负责项目调研与协调、标准资料收集和标准意见征求等工作。
XXX	XXXX	高级工程师	负责试验验证和工艺参数确定。
XXX	XXXX	高级工程师	负责试验验证和工艺参数确定。
XXX	XXXX	研究员	负责试验验证和工艺内容编写。
XXX	XXXX	总经理	负责工程数据收集与标准参数验证。
XXX	XXXX	总经理	负责工程数据收集与标准参数验证。

2. 标准起草

(1) 现场调研与资料收集

起草组对广东和福建省 10 余家猪场粪污高床发酵工程进行了现场调研，了解了高床垫料来源、垫料制作方法、高床结构与设施设备、发酵产品质量、产品出路及存在问题等情况，为标准编制提供了基础数据。

(2) 标准征求意见稿的形成

2018 年 7-10 月，在调研和查阅相关文献基础上，标准编写负责单位 XXXX 组织编制组人员启动了标准征求意见稿编制工作。

XXXX 负责整个标准文本的起草工作。XXXX 和 XXXX 负

责标准技术指标内容的编写，完成了技术参数的验证与确定。

XXXX、XXXX、XXXX、XXXX 和 XXXX 负责高床发酵设施设备的操作验证与工艺参数确定工作。

2022 年 10 月，编制完成标准征求意见稿。

3. 定向征求意见

2023 年 3 月起，进行标准意见征求与修订工作。采取会审和函审相结合方式进行标准意见征求，共组织了 3 次，对 33 家单位征求了意见，收到回复函 29 份，具体见表 2。

表 2 征求意见统计表

时间	征求意见形式	单位数	意见数	采纳	不采纳
4 月 7 日	征求意见函	25	10	8	2
4 月 12 日	征求意见函	4	8	8	0
4 月 20 日	征求意见函	4	16	16	0
合计		29	34	32	2

2023 年 4 月，针对行业内具有代表性的高床养殖企业和科研单位，共收到回复修改意见函 29 份，其中企业 26 份，科研单位 2 份，管理部门 1 份。3 次征集意见函共征集到 11 家单位 34 条修改意见，其中采纳 32 条，不采纳 2 条，对不采纳意见给予了说明。

4. 标准预审

2024 年 8 月 20 日，全国畜牧业标准化技术委员会畜牧环境及废弃物利用标准化工作组组织专家对 XXXX 等单位起草的农

业行业标准《规模化养猪场粪污高床发酵技术规程》（预审稿）进行了认真审查。专家组由杨兴明、邓良伟、陈天宝、夏训峰、滕光辉、张育润、刘洪贵、刘旭明组成，专家组组长为杨兴明教授。在听取起草组汇报的基础上，专家组审查了标准文本及编制说明，提出如下修改意见：

① 将标题“规模化养猪场粪污高床发酵技术规程”修改为“猪场粪污高床发酵技术要求”；

② 删除技术流程图、设施设备、采样和检测方法等要求，增加了安全作业相关要求；将高温好氧发酵改为发酵管理。

③ 进一步核实和确定相关参数。

④ 按 GB/T 1.1 的要求进行进一步规范标准文本和编制说明。

专家组一致同意审查通过，建议标准起草单位按照上述意见进一步修改后形成公开征求意见稿，报全国畜牧业标准化技术委员会秘书处。

二、标准编制原则、主要内容及其确定依据

（一）标准编制原则

1. 遵循 GB/T1.1 编制原则和相关法规

本标准按照 GB/T 1.1-2020 和 GB/T 20001.5 -2017 的规定进行编写。

标准编写过程中，参考了国家和地方发布的粪污处理和有机肥使用相关的政策。重点针对养殖场有机固体废弃物好氧发酵处

理技术与应用进行编制，符合现有国家和行业法规要求。

2. 突出科学性和可操作性

本标准以养殖场畜禽粪便无害化处理和资源化利用为出发点，主要目的是为养殖粪污高床发酵处理提供基本的技术指导，使不同规模的粪污高床发酵处理实现规范化、标准化。重点强调有机固体畜禽粪便高床发酵处理的过程控制要求，使操作者可依据本标准要求控制粪污无害化处理过程中的各项参数，对当前粪污高床发酵工艺提出统一可操作性指导。针对生猪高床养殖企业，提出符合粪污高床发酵工艺要求的技术和指标，从而实现粪肥产品质量的安全性和稳定性。

(二) 主要技术内容确定依据

1. 范围

本文件规定了猪场粪污高床发酵的高床设置、垫料准备、发酵管理、发酵垫料后处理技术要求。

本文件适用于高床养猪工艺的粪污收集处理。

确定理由及依据：《国务院办公厅关于加快推进畜禽养殖废弃物资源化利用的意见》（国办发〔2017〕48号）提出了加强畜禽粪污资源化利用技术集成，根据不同资源条件、不同畜种、不同规模，推广粪污全量收集还田利用、固体粪便肥料化利用、异位发酵床、粪便垫料回用等经济实用技术模式。为配合国办意见，农业农村部也出台了粪污资源化利用相关设施建设规范，但未涉及对于粪污高床发酵相关技术指导，为满足高床养殖用户粪污处理需求，本文件以标准形式规定了猪场粪污高床发酵的高床设

置、垫料准备、发酵管理、发酵垫料后处理技术要求，为高床养殖场粪污处理提供了标准依据。本文件适用于高床养猪工艺的粪污收集处理。

2. 规范性引用文件

本文件共引用了 5 个规范性引用文件，包括 1 个国家标准和 4 个农业行业标准，主要是支持有关高床养殖设施建设和粪污发酵处理等内容，具体引用的规范性文件如下。

GB/T 17824.1 规模猪场建设

NY/T 3048-2016 发酵床养猪技术规程

NY/T 3442-2019 畜禽粪便堆肥技术规范

NY/T 388 畜禽场环境质量标准

NY 609 有机物料腐熟剂

3. 术语和定义

为了便于理解标准内容，本标准规定了 1 个定义，具体如下：

标准内容：

3.1 高床发酵 high bed fermentation

一种上层用于畜禽饲养，下层通过漏缝地板收集粪污并与垫料混合的原位好氧发酵处理工艺。

确定理由及依据：本定义参照曾庆东等《规模养殖业的清洁生产-高床发酵型生态养猪技术研究》中高床发酵型生态养猪模式的概念并结合专家意见给出。

4. 工艺流程

本标准中对粪污高床发酵工艺流程进行了说明。

标准内容：粪污高床发酵工艺流程包括高床设置、垫料准备、发酵管理、产物质量控制等环节。

确定理由及依据：本条款依据《高床发酵型生态养猪粪污处理近零排放模式研究》等参考资料中关于粪污高床发酵工艺说明给出，工艺流程包括高床结构形式、垫料的选择与制备、发酵过程控制与管理、发酵产物质量控制等环节。

5. 高床设置

本标准中对高床结构形式、建筑参数和相关设施进行了说明。

标准内容：

5.1 高床上层猪舍结构建设按照 GB/T 17824.1 的规定执行。

5.2 高床下层为粪污处理区域，配套翻堆、曝气、通风等设备。下层高度宜为 2.5 m~3.0 m，底部应设置曝气管和渗滤液收集装置。

5.3 高床建筑周围应建设防雨和排水设施。

确定理由及依据：（1）参照《高床发酵型生态养猪模式的研究与应用》和《规模养殖业的清洁生产技术-高床发酵型生态养猪技术研究》中关于高床结构的要求，规定了高床结构形式。高床结构分为上下两层，上层为猪舍，下层为发酵池。（2）参照《规模猪场建设》（GB/T 17824.1）中对于猪舍建设的要求，规定高床上次猪舍的建设标准。参照《高床发酵型生态养猪粪污处理近零排放模式研究》《高床发酵型生态养猪模式的研究与应用》

和《生态发酵床猪舍设计》中关于发酵床的要求，规定了高床下层发酵池高度不小于 2.5 米，发酵池底部设置有曝气通道。(3) 参照《畜禽粪便无害化处理技术规范》(GB/T 36195-2018) 和《堆肥工程实用手册》中关于发酵产地和产品存储场地的要求，规定发酵场地应配备防雨和排水设施。

6. 垫料准备

本标准中对垫料选择与制备、垫料铺设与混匀等条款进行了规定。

标准内容：

6.1 垫料选择与制备

6.1.1 垫料来源明确，应选择疏松、无污染、干燥、无异味的农林固体有机物料。优先选择高碳氮比、降解慢的有机物料做垫料，垫料原料类型及碳氮比参见 NY/T 3048-2016 附录 A。

6.1.2 垫料制备时可选择一种或多种有机物料，多种有机物料组合配方参见 NY/T 3048-2016 附录 B。

6.1.3 发酵垫料中宜接种腐熟菌剂，腐熟菌剂应符合 NY 609 的规定。

确定理由及依据：①垫料原料对发酵床发酵和使用过程中的含水量、温度、含氧量、C/N 比等均有一定影响。因此，选择合适的垫料原料及合理的比例配比对发酵床养殖畜禽成功与否具有重要意义（曹珍等，2014）。垫料的来源广泛，要从垫料发酵效率、处理效果及投入成本三个方面选择垫料原料。因此，垫料

的来源应明确，应选择无污染、干燥、无异味的农林业固体有机物料。②从技术角度分析，由于畜禽粪便中，特别是猪粪的碳氮比较低，含水量较高，制作发酵床应选择碳氮比高、降解缓慢的垫料，节约垫料消耗量，使用寿命更长。透气性好、吸附性强的高碳氮比、低成本原料也是垫料的首要选择，以便对猪粪的发酵性能进行补充，保证发酵过程的持续高效（刘宇锋等，2015）。

垫料的制作可选择一种原料，也可将多种原料组合。实践中，常将锯木屑与稻壳混合使用，不仅可以弥补锯木屑、稻壳单一使用的不足，更能起到疏松透气，为微生物提供氧气的作用，提高发酵效果。在锯木屑中加入稻壳的效果与单一使用锯木屑的效果相接近，但可以降低垫料成本。实际生产中，亟需结合当地实际，组合垫料，降低成本，提高效益。如华南地区的甘蔗渣、花生产地的花生壳、北方玉米产区的玉米秸、水稻产区的稻秸等都可以用来作为发酵床垫料，既为消化每年大量产生的作物秸秆找到了出路，也降低了发酵床垫料的成本，节能环保（刘宇锋等，2015）。

发酵物料接种具有加快堆体升温、加速有机物分解、减少氮素损失、缩短腐熟时间等作用，文献研究结果表明发酵接种对高温好氧发酵过程具有促进作用。李国学等（1999）用鸡粪、稻壳和猪粪堆肥，添加质量分数为 0.5% 的快速发酵菌剂，可以加速堆肥进程，一般堆制 14~21 天即达到腐熟要求。我国近年来文献中所述的接种量大多为 0.1%~1%。全国好氧发酵工程调研数据表明，微生物菌剂接种量在 5‰ 以下的占 77%，在 2‰ 以下的占 50%。实际生产中，多推荐接种量为 0.1%~0.2%。腐熟菌剂应符合

合 NY 609 中菌种产品技术指标的规定。

标准内容：

6.2 垫料铺设与混匀

6.2.1 发酵垫料应均匀铺设于发酵床体表面，垫料高度宜为 20 cm ~ 70 cm。

6.2.2 粪污落到垫料表层后，宜通过翻料方式使粪污与垫料混合均匀，混合后的物料含水率宜为 45% ~ 65%。

确定理由及依据：发酵设施是使原材料中所含的有机物被好氧微生物分解、稳定，同时通过水分蒸发，使体积减少的设施。有机物在发酵设施中被分解、放热，使发酵设施里的物料的温度升高，并维持一定的高温时间，从而可以生产出安全卫生的发酵产品。发酵床的深度与猪的饲养密度及猪粪产量有关，发酵床垫料的厚度是决定床体温度的重要因素，一般猪舍中垫料的总厚度要求约为 80 cm ~ 100 cm，不得低于 50 cm，冬季垫料厚，夏季垫料相对薄一些。如果垫料太薄，则发酵产生的热量迅速失散，发酵床体难以维持适宜的温度，从而导致功能菌群的繁殖受限。若垫料太厚，则可能导致垫料内部升温过高、过快，垫料消耗加快，同时垫料深翻工作量大，不利于垫料管理（夏真良，2008；秦竹等，2012）。研究表明，粪便的分解过程主要集中在发酵床向下 20~40cm 深度之中，可以将垫料深度划分成三部分：发酵池底层铺设约 20 cm 厚的干玉米秸秆等垫料（水分控制在 50%~60%），中层铺设约 40 cm 厚的预发酵垫料（水分控制在 40%~50%），表层铺设约 10 cm 厚的垫料原料（水分控制在 30%~40%），这

样，由下至上形成一个递减的水分含量梯度，使得表层分解粪便缓慢，产热量减少，下层为粪便分解区，产生的热量在由下向上传递的过程中递减，这样，即创造了表层温度较低的适宜环境，又使得粪便得以正常分解（郭秀山等，2009）。考虑到翻抛设备对底层物料翻堆的影响，本标准中规定发酵池底层铺设约 10 cm 厚的干玉米秸秆等垫料，防止底部曝气管道堵塞；中层铺设约 50 cm 厚的预发酵垫料，可起到加速堆体升温的作用；表层铺设约 10 cm 厚的垫料原料，垫料总厚度为 60 cm ~ 70 cm。

适合的湿度可以保持发酵床内微生物的正常繁殖，以保证发酵正常地进行。研究表明，当垫料含水量为 50%~60%时，菌群活动最为活跃，含水量过高，就会排除垫料基质中的氧气，造成菌种单一性厌氧发酵；含水量过低，菌种的活性降低，发酵过程则会被抑制（李东平等，2018）。结合实际生产，生猪养殖过程中产生的粪污从漏缝地板落到垫料表层后，应通过翻料使粪污与垫料混合均匀，混合后的物料含水率宜为 45%~65%。

7. 发酵管理

本标准中对好氧发酵、臭气与粉尘控制、安全管理等条款进行了规定。

标准内容：

7.1 好氧发酵

7.1.1 根据垫料内部温度和表层水分情况适时进行翻抛，使粪尿与垫料充分混合，水分宜控制在 45%~65%，垫料中心温度宜高于环境温度 10~20 °C。

7.1.2 垫料曝气风量宜为 $0.02 \text{ m}^3/\text{min} \sim 0.1 \text{ m}^3/\text{min}$ （以每立方米发酵物料为基准），发酵过程中可根据垫料内部温度变化进行动态调节。

7.1.3 当发酵垫料无法升温时，宜及时更换垫料。

确定理由及依据：

粪污发酵过程中保持适宜的水分含量，是高床发酵制作成功的首要条件。当含水量在 35%~40% 之间时，微生物的降解速率会显著下降，当水分下降到 30% 以下时，降解过程会完全停止。对于绝大多数发酵原料混合物，推荐的含水量为 45%~65%（吴遥远等，2007）。由起草组组织的全国堆肥/有机肥调研数据表明，采集的 54 个堆肥原料样品中，水分含量在 45%~65% 之间的样品占 95%，C/N 在 20~40 之间的样品占 98%。结合理论与调研数据，本标准中推荐原料水分含量宜控制在 45%~65%。

粪污高床发酵温度的规定要求，其依据是通过使物料内部升温并维持一定时间，可促进物料中的有机物降解，并达到杀灭病菌实现无害化的要求。许多好氧发酵用的基质携带人类、动植物的病原体，以及令人讨厌的生物如杂草种子。在好氧发酵过程中，通过短时间的持续升温，可以有效地控制这些生物的生长。因此，高温好氧发酵的一个主要优势就是能够使人和动植物病原体以及种子失活。

表 3 几种常见病菌与寄生虫的死亡温度

名称	死亡情况	名称	死亡情况
沙门氏伤寒	46℃以上不生长；55~60℃，30 分钟内死亡	血吸虫卵	53℃，1 天死亡

菌			
沙门氏菌属	56°C 1 小时内死亡, 60°C, 15~20 分钟死亡	蝇蛆	51-56°C, 1 天死亡
志贺氏杆菌	55°C, 1 小时内死亡	霍乱产弧菌	65°C, 30 天死亡
大肠杆菌	绝大部分, 55°C, 1 小时死亡; 60°C, 15~20 分钟死亡	炭疽杆菌	50-55°C, 60 天死亡
阿米巴涂	50°C; 3 天死亡; 71°C, 50 分钟内死亡	布氏杆菌	55°C, 60 天死亡
美洲钩虫	45°C, 50 分钟内死亡	猪丹毒杆菌	50°C, 15 天死亡
流产布鲁氏菌	61°C, 3 分钟内死亡	猪瘟病毒	50-60°C, 30 天死亡
酿脓链球菌	54°C, 10 分钟内死亡	口蹄疫病毒	60°C, 30 天死亡
化脓性细菌	50°C, 10 分钟内死亡	小麦黑穗病菌	54°C, 10 天死亡
结核分枝杆菌	66°C, 15~20°C 分钟内死亡; 67°C, 死亡	稻热病菌	51-52°C, 10 天死亡
牛结核杆菌	55°C, 45 分钟内死亡	麦蛾卵	60°C, 5 天死亡
蛔虫卵	55~60°C, 5~10 天死亡	二化螟卵	55°C, 3 天死亡
钩虫卵	50°C; 3 天死亡	小豆象虫	60°C, 4 天死亡
鞭虫卵	45°C; 60 天死亡	绕虫卵	50°C, 1 天死亡

表 3 中的数据也表明, 热失活效应与时间和温度有关, 在一定的温度下加热一段时间可以破坏病原体或杀死病原菌。短时间的高温 and 长时间的低温具有相同的热失活效果。

物料升温发酵过程中, 堆体内部温度与环境温度具有一定关联性。经查阅相关文献, 堆肥发酵不同阶段堆体温度与环境温度差是一个可用于判断发酵过程是否顺利进行的指标, 具体见表 4。

表 4 发酵过程中堆体温度与环境温度差

序号	堆肥工艺	堆体温度	环境温度	温度差	发酵阶段	出处
1	反应器	55 °C	31 °C	24 °C	前期	史春梅, 2011
2	反应器	19 °C	39 °C	20 °C	前期	罗一鸣, 2012

3	反应器	39 °C	30 °C	9 °C	中期	徐智, 2008
4	反应器	43 °C	32 °C	11 °C	中期	罗渊, 2016
5	反应器	40 °C	27 °C	13 °C	后期	李丹阳, 2016
6	反应器	18 °C	5 °C	13 °C	后期	劳德坤, 2015
7	条垛	42 °C	28 °C	14 °C	前期	马丽红, 2009
8	条垛	22 °C	2 °C	20 °C	前期	江滔, 2011
9	条垛	43 °C	33 °C	10 °C	中期	赵建荣, 2011
10	条垛	40 °C	30 °C	10 °C	后期	龚建英, 2012
11	槽式	31 °C	12 °C	19 °C	前期	夏炜林, 2006
12	槽式	25 °C	5 °C	20 °C	前期	王顺利, 2007
13	槽式	33 °C	23 °C	10 °C	后期	王长虹, 2016

由表 4 可知, 反应器堆肥发酵前期堆体温度与环境温度差为 20~24°C, 发酵中期堆体温度与环境温度差为 9~11°C, 发酵后期堆体温度与环境温度差为 13°C; 条垛式堆肥发酵前期堆体温度与环境温度差为 14~20°C, 发酵中后期堆体温度与环境温度差为 10°C; 槽式堆肥发酵前期堆体温度与环境温度差为 19~20°C, 发酵后期堆体温度与环境温度差为 10°C。结合高床发酵形式, 条垛式堆肥和槽式堆肥对高床发酵具有较好的参考价值。

据美国农业部自然资源保护局出版的国家工程手册 (第 637 章 环境工程) 堆肥手册中规定, 可以用堆肥原料在杜瓦真空瓶中自加热试验测试堆肥的腐熟度, 当堆体温度与环境温度差小于 10°C 时认为堆肥完全腐熟, 当堆体温度与环境温度差大于 10°C 小于 20°C 时认为堆肥基本腐熟。加拿大环境部长委员会 (CCME) 颁布的堆肥质量导则中规定, 当堆体温度与环境温度差不再大于 20°C 时认为堆肥达到腐熟。由此可知, 堆体温度与环境温度差可

作为判断堆肥过程是否顺利进行和腐熟的参考指标。

综合以上分析数据，本标准推荐高床发酵过程中，垫料堆体温度宜高于环境温度 10~20°C。

曝气参数控制。《粪便好氧堆肥技术指南》中规定，发酵过程中堆体氧气浓度应不小于 5%。《生活垃圾堆肥技术规范》(CJJ 52-2014)中规定，主发酵堆层各点的氧气浓度应大于 5%。堆体氧气浓度在实际工程中难以把控，因此本标准通过控制曝气量和温度变化来调节堆体通氧。在强制通风中，通风速率因原料不同而不同。Wiley 和 Pierce(1995)认为，农业有机废弃物通风速率为 0.34~1.10 L min⁻¹kg⁻¹ (干物质)。Nickolas 和 Young(2002)认为城市垃圾通风速率 0.06~0.4 L min⁻¹kg⁻¹ (干物质)是比较合理的。对于畜禽粪便好氧发酵来说，也有相关研究者给出了通风速率推荐范围。Hong(1983)研究认为，在牛粪和秸秆混合发酵中，通风速率 0.87~1.07 L min⁻¹kg⁻¹ (干物质)比较合适。由此可知，在不同的研究条件下，由于原料性质和发酵方式不同，得出的通风速率也不同，表 5 对文献中的曝气量参数进行了汇总。

表 5 好氧发酵曝气量参数表

原料	曝气量范围	曝气推荐值	数据来源
城市污泥垃圾	0.20~1.33 L min ⁻¹ kg ⁻¹ 干物质		Lau,1993
城市垃圾	0.06~0.4 L min ⁻¹ kg ⁻¹	0.5 L min ⁻¹ kg ⁻¹	Nickolas and Young,2002
城市垃圾	0.4~0.9 L min ⁻¹ kg ⁻¹ 干物质	0.6 L min ⁻¹ kg ⁻¹	Rasapoor,2009
城市污泥	15.37 m ³ / min	0.26 L min ⁻¹ kg ⁻¹ 干物质	Zhou,2014
粪污堆肥	0.89~1.9 L min ⁻¹ kg ⁻¹ 干物质		Lau,1992
农业废弃物	0.34~1.10 L min ⁻¹ kg ⁻¹ 干物质 0.5~1.16 L min ⁻¹ kg ⁻¹ 干物质		Wiley and Pierce,1995 Pos,1991

	0.3~0.9 L min ⁻¹ kg ⁻¹ 干物质		Keener,2001
牛粪秸秆堆肥	0.87~1.07 L min ⁻¹ kg ⁻¹ 干物质		Hong,1983
牛粪稻秆堆肥	0.25 L min ⁻¹ kg ⁻¹ 干物质		Li,2008
猪粪	0.04~0.08 L min ⁻¹ kg ⁻¹ 干物质		Lau,1992
鸡粪锯末	0.5 L min ⁻¹ kg ⁻¹ 干物质		Gao,2010
鸡粪	0.05~0.2 m ³ /min/m ³		CJJ/T52-93
餐厨垃圾	0.43~0.86 L min ⁻¹ kg ⁻¹ 干物质		Lu,2001

《生活垃圾堆肥技术规范》(CJJ 52-2014)中,推荐曝气参数为 0.05 m³ min⁻¹m⁻³ ~ 0.2 m³ min⁻¹m⁻³,经单位换算,《生活垃圾堆肥技术规范》中的曝气参数对应值为 0.22 L min⁻¹kg⁻¹ ~ 0.88 L min⁻¹kg⁻¹(干物质),该值与由表 5 中研究报道的推荐值基本一致。由于高床发酵过程需严格控制水汽、热量和臭气的释放,以防对上层圈舍猪的生长环境产生影响,因此实际运行中通常采取低强度曝气策略,调研结果表明曝气参数取堆肥曝气参数的 50%较适宜。综合以上分析,本标准中采用 0.02 m³min⁻¹m⁻³ ~ 0.1 m³ min⁻¹m⁻³ 作为高床发酵曝气推荐参数。

为了维持发酵过程的持续稳定运行,高床发酵过程中通常选择高碳氮比垫料,以延长发酵周期,提高粪污处理效率,但遇到发酵垫料无法正常升温时,一般优先采取发酵垫料的更换措施。

标准内容:

7.2 臭气与粉尘控制

7.2.1 发酵过程中产生的气体和粉尘应及时收集至舍外处理,处理后的气体应符合 NY/T 388 的规定。

7.2.2 发酵过程中,宜采用除臭菌剂、通风调节等方法进行臭气处理,防止污浊气体扩散至上层猪舍。

确定理由及依据：在高温好氧发酵过程中，在氧气足够时，有机成分如蛋白质等，在好氧细菌的作用下产生有刺激性的气体如 NH_3 等；在氧气不足时，厌氧细菌将有机物分解为不彻底的氧化产物如含硫的化合物 H_2S 、 SO_2 、硫醇类等和含氮的化合物如胺类、酰胺类等。这些气体产生后散发到空气中，给大气带来污染。臭气的产生过程如图 1 所示。（曾光明，2006）

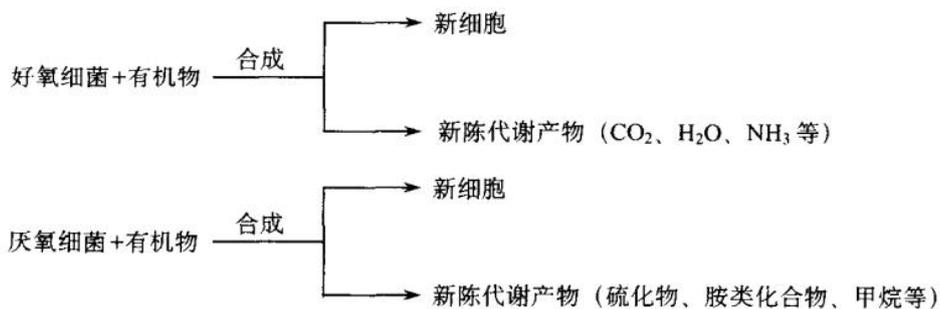


图 1 微生物分解有机物产生的臭气

臭气控制是好氧发酵过程中的一项重要环节，臭气控制直接关系到粪污处理厂环境好坏及对周边环境的影响。因此，发酵过程中产生的臭气应及时收集处理，处理后的恶臭气体浓度符合 NY/T 388 的规定。

根据《堆肥工程实用手册》中的臭气控制与处理相关内容，臭气控制方法可分为工艺优化法、微生物处理法和收集处理法。

工艺优化法，是指通过添加辅料调节 $\text{C/N} \geq 30:1$ 、含水率 $\leq 55\%$ ，改变堆体结构，确保堆体处于好氧、高碳状态，减少臭气产生（徐宁，2020）。

微生物处理法，是指通过添加原位除臭剂减少臭气的产生，包括物理除臭剂、化学除臭剂和生物除臭剂。生物除臭剂就是指

在好氧发酵原料中直接添加除臭菌剂，利用某些微生物在代谢过程中可利用臭气成分，或可抑制产臭的微生物的代谢活动等特点，达到除臭目的，脱臭微生物主要有硝化细菌、亚硝酸菌、反硝化细菌、硫细菌等（刘文杰，2020）。

收集处理法，是指通过在原料预处理区、一次发酵区和二次发酵区设置臭气收集装置，将堆肥过程中产生的臭气进行有效收集并集中处理。经处理后的恶臭味气体浓度应符合畜禽养殖业污染物排放标准（GB 18596）的规定（徐宁，2020）。臭气浓度采用三点式比较臭袋法测定（参考 GB 14675）。

标准内容：

7.3 安全管理

7.3.1 下层应通风良好，避免形成有限空间。

7.3.2 进入发酵区作业时，应提前做好通风和安全检查，配备安全防护设施。

确定理由及依据：由于粪污处理过程中容易产生氨气、硫化氢和甲烷等有毒有害气体，尤其是粪污在搅拌过程中容易产生有害气体的急剧排出，易引起的猪只或操作工人的中毒等安全问题，为保障实际管理过程中的猪只健康和工人的人生安全，本文件规定了高床下层应保持良好的通风条件，避免形成密闭有限空间。同时，由于在堆体搅拌和曝气期间，会产生大量的有害气体聚集，为防止安全事故，规定了人员进入发酵区作业时，应提前做好通风和安全检查，并配备安全防护设施。

8. 发酵垫料后处理

标准内容：清理出的垫料应进行二次发酵，发酵后产物质量应符合 NY/T 3442 的要求。

确定理由及依据：高床发酵清理出的垫料具有含水率较高、未完全腐熟等特点，因此应进行二次发酵，二次发酵时间根据后续产品用途确定。

《畜禽粪便堆肥技术规范》（NY/T 3442）中关于堆肥产物质量要求的规定，详见下表。该标准中对堆肥产物的有机质含量、水分含量、种子发芽指数、蛔虫卵死亡率、粪大肠菌群数和重金属指标进行了规定，可满足粪污发酵产物质量控制要求。

表 6 堆肥产物质量要求

项目	指标
有机质含量（以干基计），%	≥ 30
水分含量，%	≤ 45
种子发芽指数（GI），%	≥ 70
蛔虫卵死亡率，%	≥ 95
粪大肠菌群数，个/g	≤ 100
总砷（As）（以干基计），mg/kg	≤ 15
总汞（Hg）（以干基计），mg/kg	≤ 2
总铅（Pb）（以干基计），mg/kg	≤ 50
总镉（Cd）（以干基计），mg/kg	≤ 3
总铬（Cr）（以干基计），mg/kg	≤ 150

9. 采样与检测

标准内容：采样方法按照 NY/T 3442-2019 中第 7.2 条的规定执行，检测方法按照 NY/T 3442-2019 中第 8 条的规定执行。

确定理由及依据：

(1) 采样。本标准依据《畜禽粪便堆肥技术规范》（NY/T

3442-2019) 中第 7.2 条的规定对发酵产物采样方法进行了规定。

(2) 检测方法。本标准依据《畜禽粪便堆肥技术规范》(NY/T 3442-2019) 中第 8 条的规定对发酵产物水分含量、总氮含量、有害物质检测、重金属检测、酸碱度、有机质含量和种子发芽指数的检测方法进行了规定。

三、试验验证的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效益、社会效益和生态效益

该案例是东瑞食品集团股份有限公司设计和承建的高床养猪项目，由旗下紫金东瑞农牧发展有限公司负责运营，项目位于河源市紫金县蓝塘镇市北村。项目采用高床发酵型生态养猪模式，二楼养猪，一楼处理粪污。

公司占地 1400 亩，总投资 1 亿元，固定资产投资 7800 万元，年出栏生猪 5 万头。该模式的主要做法是采用两层结构的高床猪舍养猪，其中二层养猪，一层利用微生物好氧发酵原理，以木糠等有机垫料消纳养猪过程中产生的猪粪尿，最终变成有机肥料。具体技术工艺为猪舍二层养猪生产设施中采用温控通风设备，地面采用全漏缝地板结构，养猪生产过程中不冲水，产生的猪粪尿通过漏缝板落入一层垫料中；猪舍一层高度为 2.5 米，建设有机肥生产车间，铺设木糠等垫料消纳生产过程中产生的猪粪尿，垫料厚度 60-70 cm，采用机械每天对垫料进行翻堆处理，养猪废弃物在好氧微生物作用下发酵降解，转变成有机肥料。



高床养猪建筑



二楼养猪舍

有机肥生产设备包括垫料翻堆机、布料机、分离机、包装机等，把猪粪等固体废弃物经发酵、熟化生产有机肥，设备投资 480 多万元。



一楼发酵床



翻抛设备

项目采用全程机械化养殖模式，具有良好的经济效益、生态效益和社会效益，主要表现在以下几点：

一是能够实现养殖废弃物的资源化利用。应用各类养殖机械设备与技术，将废弃物进行无害化处理，发酵产品用于生产有机肥，变废为宝。每年可为当地种植业提供 2800 吨有机肥，经济效益达 140 万元。

二是能够实现绿色生态养殖。在生产过程中，采用污水处理设

备和病死畜无害化处理设备等，与传统养猪模式相比可减少 30% 的生产用水、减少 60% 的污水产生量，实现绿色生态养殖，生态环保效果明显。

三是具有较好的社会效益。公司自主研发的东瑞高床发酵型生态养猪模式，获得了畜禽养殖标准化示范场荣誉称号，在广东地区具有较好的推广应用前景，赢得了行业的认可。随着该模式的大力推广，能够为本地提供较多的就业岗位，社会效益明显。

东瑞高床发酵型生态养猪模式，以全程机械化辅以信息化的推动生猪养殖模式创新，有效地降低生产成本、提高品质，实现绿色环保发展，资源利用率高、抵御风险能力强，达到了经济效益、生态效益和社会效益的“三赢”。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况，或者与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

经标准查新，未找到国外关于“粪污高床发酵技术规程”相关标准，因此，无需进行国际、国外同类标准技术内容及数据的对比分析。

五、以国际标准为基础的起草情况，以及是否合规引用或者采用国际国外标准，并说明未采用国际标准的原因

本文件制定过程中根据国内实际情况制定，未以国际标准为基础进行起草。

六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

2014年1月1日起施行的《畜禽规模养殖污染防治条例》中指出：从事畜禽养殖活动，应当采取科学的饲养方式和废弃物处理工艺等有效措施，减少畜禽养殖废弃物的产生量和向环境的排放量。进行畜禽养殖污染防治，从事利用畜禽养殖废弃物进行有机肥产品生产经营等畜禽养殖废弃物综合利用活动的，享受国家规定的相关税收优惠政策。因此，畜禽粪便经堆肥处理，转化为有机肥料，是我国法律法规支持的重要方向。

我国目前已发布跟畜禽粪便处理及有机肥相关的强制性标准只有《畜禽养殖业污染物排放标准》（GB18596-2001）；其余国家或行业推荐性标准有：（1）《有机肥料》（NY525-2012）；（2）《畜禽粪便堆肥技术规范》（NY/T 3442）。从标准内容来看，《畜禽养殖业污染物排放标准》（GB18596-2001）规定了粪污排放指标要求，《有机肥料》（NY525-2012）规定了有机肥料产品技术指标，《畜禽粪便堆肥技术规范》（NY/T 3442）规定了堆肥过程控制参数和堆肥指标。从现有其他推荐性标准内容来看，未提供高床发酵工艺过程控制参数，而这正是本标准的重点内容。目前还无关于与本文件相关的国家或行业标准。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

经对比分析，本标准“规模化养殖场粪污高床发酵技术规程”与现有畜禽粪便相关标准不重复、不冲突，未有重大分歧。

八、涉及专利的有关说明

本文件不涉及具体专利的应用。

九、实施国家标准的要求，以及组织措施、技术措施、过渡期和实施日期的建议等措施建议

建议采取政府推动、技术培训、工程示范和政策奖励等措施贯彻实施本标准，在各级政府的支持下，优先在规模化养殖场中进行推广应用，再通过部分具有代表性企业的示范和带动，逐步向不同规模养殖场进行推广。

组织措施：建议由农业部门确定具体监管部门和执法部门，并贯彻执行。

技术措施：建议养殖场内部开展粪污高床发酵技术培训，并利用发酵产物进行田间试验。各地可选取具有代表性的企业进行技术推广，建立示范工程，由点带面，逐步推广。

过渡办法：建议结合粪污处理整县推进行动，优先在粪污处理整县制推进地区实施政策推动、经费支持等措施，促进本标准的逐步落实。

十、其他应当说明的事项

本文件没有其他说明事项。

参考文献

- [1] GB/T 25171-2010 畜禽养殖废弃物管理术语
- [2] NY/T 3442-2019 畜禽粪便堆肥技术规范
- [3] CJJ 52-2014 生活垃圾堆肥处理技术规范
- [4] 李季 彭生平.堆肥工程实用手册[M].北京: 化学工业出版社, 2011
- [5] 全国畜牧总站 中国饲料工业协会 国家畜禽养殖废弃物资源化利用科技创新联盟.粪便好氧堆肥技术指南[M].北京: 中国农业出版社, 2017
- [6] Nickolas J, Young H K. Material and energy balances in a large scale aerobic bioconversion cell[J]. Waste Management & Research, 2002, 20: 234-242.
- [7] Rasapoor M, Nasrabadi T, Kamali M, et al. The effects of aeration rates on generated compost quality, using aerated static pile method[J]. Waste Management, 2009, 29: 570-573.
- [8] Hong J H, Matsuda J, Ikeuchi Y. High rapid composting of dairy cattle manure with crop and forest residues[J]. Trans Asae, 1983, 26: 533-545.
- [9] Li X J, Zhang R H, Pang Y Z. Characteristics of dairy manure composting with rice straw[J]. Bioresource Technology, 2008, 99: 359-367.
- [10] Gao M C, Li B, Yu A, et al. The effect of aeration rate on forced-aeration composting of chicken manure and sawdust[J]. Bioresource Technology, 2010, 101: 1899-1903.
- [11] Lu S G, Imai T, Li H F, et al. Effect of enforced aeration on in-vessel food waste composting[J]. Environmental Technology. 2001, 22: 1177-1182.
- [12] 曹珍, 陈峰, 张祥斌, 等. 发酵床养殖畜禽基本技术参数的研究进展[J]. 家畜生态学报, 2014, 35 (04): 7-11.
- [13] 刘宇锋, 罗佳, 严少华, 等. 发酵床垫料特性与资源化利用研究进展[J]. 江苏农业学报, 2015, 31 (03): 700-707.
- [14] 吴遥远, 张桥, 余新盛. 现代堆肥影响因素及控制[J]. 安徽农学通报, 2007, (13): 69-71.
- [15] 李国学, 黄懿梅, 姜华. 不同堆肥材料及引入外源微生物对高温堆肥腐熟度影响的研究[J]. 应用与环境生物学报, 1999 (S1): 139-142.
- [16] 夏真良. 原生态养猪的技术要点[J]. 安徽科技, 2008, (12): 37-38.
- [17] 秦竹, 周忠凯, 顾洪如, 等. 发酵床生猪养殖中菌种与垫料的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2012, 40 (30): 14771-14774+14822.
- [18] 郭秀山, 王伟青, 王凤岭, 等. 发酵床养猪度夏的技术措施[J]. 猪业科学, 2009, 26 (07): 50-51.

- [19] 李东平, 余功富, 金洁瑜, 等. 发酵床在反刍动物养殖业中的应用研究进展[J]. 浙江畜牧兽医, 2018, 43 (01) : 29-32.
- [20] 曾光明, 黄国和, 袁兴中, 等. 堆肥环境生物与控制[M]. 科学出版社, 2006.
- [21] Leton T G, Stentiford E I. Control of aeration in static pile composting[J]. Waste Management & Research, 1990, 8(4): 299-306.
- [22] Kapuinen P. Deep litter systems for beef cattle housed in uninsulated barns, Part 1: height increase, carrying capacity and specific counter-pressure of Aeration of deep litter[J]. J Agric Engng Res, 2001, 79(4): 419-4
- [23] 沈玉君, 李国学, 任丽梅, 等. 通风对堆肥供氧的影响及堆高优化研究[J]. 环境科学与技术, 2011, 34(11): 171-175.
- [24] 李树, 李惠, 赵建城, 等. 有机垃圾处理机发酵工艺研究[J]. 环境污染治理技术与设备, 2004(12): 93-95.
- [25] 徐子琪, 阎中, 葛艳菊, 等. 有机垃圾机械强化快速好氧发酵工艺参数优化[J]. 环境工程, 2022, 40(08): 159-163+142.
- [26] Zuberer D A, Zibilske L M. Composting: the microbiological processing of organic wastes[M]//Principles and Applications of Soil Microbiology. Elsevier, 2021: 655-679.
- [27] ZHOU J M. Effect of turning frequency on co-composting pig manure and fungus residue[J]. Journal of the Air & Waste Management Association, 2017, 67(3): 313-321.
- [28] 徐宁. 畜禽粪便堆肥无害化技术要点[J]. 现代畜牧科技, 2020(08): 81-82+84.
- [29] GB 18596-2001 畜禽养殖业污染物排放标准
- [30] 田伟. 牛粪高温堆肥过程中的物质变化、微生物多样性以及腐熟度评价研究[D]. 南京农业大学, 2012.
- [31] Li Changning, Li Haiyun, Yao Tuo, et al. Microbial inoculation influences bacterial community succession and physicochemical characteristics during pig manure composting with corn straw[J]. Bioresource Technology, 2019, 289: 121653.
- [32] 黑立新, 周水功, 唐传鹏. 畜禽粪污在好氧堆肥发酵中的问题及对策[J]. 中国动物保健, 2022, 24(08): 89-90.

附件

预审会议审查意见汇总处理表

标准名称：《规模化养猪场粪污高床发酵技术规程》 共 4 页

标准项目承担单位：XXXX

2024 年 8 月 20 日填写

序号	标准章条编号	意见内容	提出单位	处理意见	备注
1	标准题目	将“规模化养猪场粪污高床发酵技术规程”改为“猪场粪污高床发酵技术要求”	专家组	采纳	
2	英文题目	将“Technical regulation for manure fermentation under breeding bed in pig farms”改为“Technical requiment of manure for high bed fermentation in pig farms”	专家组	采纳	
3	1	改为“本文件规定了猪场粪污高床发酵的高床结构、垫料准备、发酵管理、发酵垫料后处理的技术要求。 本文件适用于高床养猪工艺的粪污收集处理”	专家组	采纳	
4	3.1	删除“高床 high bed ”定义	专家组	采纳	
5	4	改为“粪污高床发酵工艺流程包括高床设置、垫料准备、发酵管理、产物质量控制等环节。” 删除“图1 粪污高床发酵技术流程图”	专家组	采纳	
6	5	“高床结构”改为“高床设置”	专家组	采纳	
7	5.1	删除5.1条款内容	专家组	采纳	

8	5.2	改为“5.1 高床上层猪舍结构建设按照 GB/T 17824.1 的规定执行。” 改为“5.2 高床下层为粪污处理区域，配套翻堆、曝气、通风等装备。下层高度宜 2.5m~3.0m，底部应设置曝气管和渗滤液收集装置。”	专家组	采纳	
9	6.1	“垫料选择”改为“垫料选择与制备”	专家组	采纳	
10	6.1.1	改为“垫料来源明确，应选择疏松、无污染、干燥、无异味的农林业固体有机物料。优先选择高碳氮比、降解慢的有机物料做为垫料，垫料原料类型及碳氮比参见 NY/T 3048-2016 附录 A 要求。”	专家组	采纳	
11	6.1.2	改为“垫料制备时可选择一种或多种有机物料，多种有机物料组合配方参见 NY/T 3048-2016 附录 B。”	专家组	采纳	
12	6.1.3	改为“6.1.3 发酵垫料中宜接种腐熟菌剂，腐熟菌剂应符合 NY 609 规定。”	专家组	采纳	
13	6.2	改为“垫料铺设与混匀”	专家组	采纳	
14	6.2.1	改为“发酵垫料应均匀铺设于发酵床体表面，垫料高度宜为 20cm~70cm。”	专家组	采纳	
15	6.2	改为“垫料铺设与混匀”	专家组	采纳	
16	6.2.1	改为“发酵垫料应均匀铺设于发酵床体表面，垫料高度宜为 20cm~70cm。”	专家组	采纳	

17	6.2.2	改为“粪污落到垫料表层后，宜通过翻料方式使粪污与垫料混合均匀，混合后的物料含水率宜为45%~65%。”	专家组	采纳	
18	7	改为“发酵管理”	专家组	采纳	
19	7.1.1	改为“根据垫料内部温度和表层水分情况适时进行翻抛，使粪尿与垫料充分混合，水分宜控制在45~65%，垫料中心温度宜高于环境温度10-20℃。”	专家组	采纳	
20	7.1.2	改为“垫料曝气风量宜为0.02 m ³ /min ~ 0.1 m ³ /min（以每立方米发酵物料为基准），发酵过程中可根据堆体温度变化进行动态调节。”	专家组	采纳	
21	7.1.3	新增“7.1.3 当发酵垫料无法升温时，宜及时更换垫料。”	专家组	采纳	
22	7.2	改为“臭气与粉尘控制”	专家组	采纳	
23	7.2.1	改为“发酵过程中产生的臭气应及时收集处理，处理后的恶臭气体浓度符合NY/T 388的规定。”	专家组	采纳	
24	7.2.2	改为“发酵过程中，宜采用除臭菌剂、通风调节等方法进行臭气处理，防止污浊气体扩散至上层猪舍。”	专家组	采纳	
25	7.3	新增“7.3 安全管理”	专家组	采纳	
26	7.3.1	改为“下层应通风良好，避免形成有限空间。”	专家组	采纳	
27	7.3.2	改为“进入发酵区作业时，应提前做好通风和安全检查，配备安全防护设施。”	专家组	采纳	

28	8	改为“发酵垫料后处理 清理出的垫料应进行二次发酵，发酵后产物质量应符合 NY/T 3442 的要求。”	专家组	采纳	
29	9	删除第 9 条内容	专家组	采纳	