

农业行业标准

《牛床再生垫料生产技术规范》编制说明

(公开征求意见稿)

XXX

2026年02月26日

农业行业标准《牛床再生垫料生产技术规范》

（公开征求意见稿）

编制说明

一、工作简况，包括任务来源、制定背景、起草过程等

（一）任务来源

根据《农业农村部农产品质量安全监管司关于下达 2025 年第一批农业国家和行业标准制修订项目计划的通知》（农质标函〔2025〕63 号），由 XXX 承担制定《牛床再生垫料好氧发酵生产技术规程》标准工作，项目编号是 NYB~25029。标准起草单位：XXX 等。首席专家为 XXX。

（二）标准制定背景

党中央、国务院高度重视畜禽养殖废弃物资源化利用工作。2017 年，国务院办公厅印发了《关于加快推进畜禽养殖废弃物资源化利用的意见》，农业农村部等部委相继出台配套政策，加大财政支持力度，加快推进畜禽粪污资源化利用。经过各级政府的共同努力，我国畜禽粪污资源化利用工作取得显著成效，综合利用率已超过 79%。将牛粪经好氧发酵无害化处理后制成牛床再生垫料，替代外购锯末、稻壳、沙子等传统垫料，实现场内循环利用，既可降低奶牛场养殖生产成本，又能缓解粪污土地消纳压力。同时，优质的牛粪再生垫料有利于改善奶牛肢蹄与乳房健康，提高奶牛舒适度。为此，农业农村部已将奶牛场牛粪垫料化利用技术列为畜禽粪污资源化利用主推技术之一，这对推动奶业绿色发展、促进减排增收具有重要意义。

国外牛粪生产牛床垫料技术始于 21 世纪初。国内上海光明集团于 2012 年自奥地利引进首套牛粪再生垫料生产设备。由于对其认知不足，该设备生产的垫料未在本场使用，而是作为垫料商品外销其他牧场。这种利用方式可能会带来极大的疫病传播风险，此技术未能得到有效推广应用。自 2014 年起，XXX 团队系统

研究了牛粪再生垫料生产的初始条件、工艺模式、好氧发酵至使用全过程中微生物变化规律及成品垫料物理特性，深度探讨了其作为垫料的可行性。研究分析了牛粪再生垫料与稻壳、沙子等对奶牛乳房健康、躺卧舒适度及乳房炎发病率的影响。在此基础上，团队与哈尔滨华美亿丰复合材料有限公司合作，成功研发出本土化牛粪再生垫料生产设备，在保障垫料安全性的同时，造价较国外同类产品降低 50% 以上。

与传统沙土、秸秆、木屑等垫料相比，牛粪垫料具有成本低、来源广、安全舒适、可循环利用等优势，已在国内外众多奶牛场推广应用。目前我国尚无成熟的成套国产牛粪垫料生产设备（天津、上海、新疆等地引进了国外设备并投入使用），而通过晾晒、固液分离、发酵等方式生产的垫料在国内应用较为广泛。以存栏 3000 头的奶牛场为例，每头牛日均补充垫料 0.1m^3 ，年需求量为 10.9万 m^3 。若使用牛粪垫料替代木屑或沙子（单价约 80元/m^3 ），每年可节约生产成本约 870 万元，经济效益显著。

随着技术宣传与示范应用，牛粪再生垫料技术已获行业广泛认可，推广速度加快，目前国内约 60%~70% 的奶牛场已使用牛床再生垫料。如伊利、蒙牛、现代牧业、君乐宝、光明等大型乳企已在旗下多数规模牧场采用牛粪垫料，以替代沙土、稻壳等传统材料，从而降低粪污处理成本与环境压力。以现代牧业为例，该集团现存栏奶牛 50 万头，年垫料用量达 55 万吨，成本支出高昂。目前各牧场使用垫料种类约 13 种，包括传统沙土、锯末、稻壳、牛粪再生垫料及橡胶垫等。其中，牛粪垫料在成本上具有明显优势。在乳房炎防控方面，该集团乳房炎发病率控制在 1.05%，优于行业平均水平，且不同垫料类型对发病率未见显著影响。

尽管如此，实际生产中对垫料制作、存放缺乏规范化管理，使用中存在的问题和误区较多，经常出现应用牛粪垫料后乳房炎、呼吸道疾病偏高等问题。不少养殖场对垫料原料选择、病牛粪污排除、本场疫病风险评估等方面认识不足，制约了该技术的进一步推广。因此，亟待对牛粪再生垫料的生产与使用过程进行规范，以提升其资源化利用价值，防控生物安全风险，为奶业可持续发展和节本增效提供技术依据与操作指导。

（三）标准起草过程

2024年11月，XXX向全国畜牧业标准化技术委员会提出制定《牛床再生垫料好氧发酵生产技术规程》立项申请，2025年6月，全国标准化技术委员会通过了该标准的立项，标准编号为NYB—25029，执行期限为1年，要求2026年6月完成标准制定任务。

1. 起草阶段

(1) 成立标准起草组

根据《国家标准管理办法》中第二十七条的规定，“国家标准起草，应当组建具有专业性和广泛代表性的起草工作组，开展国家标准起草的调研、论证（验证）、编制和征求意见处理等具体工作”。2025年6月25日，标准承担单位XXX组织成立了标准制定起草工作组，明确了工作组单位和主要成员，明确了各自的工作任务、时间节点和具体要求。参与本标准制定工作的单位包括：XXX等。主要起草人员分工见表1-1。

表 1-1 起草人员与分工

姓名	性别	工作单位	职务/职称	项目分工	联系电话
XXX	女	XXX	XXX	标准提出、编写、论证及审查	XXX
XXX	男	XXX	XXX	标准论证、内容指导把关	XXX
XXX	女	XXX	XXX	标准编写、内容把关	XXX
XXX	男	XXX	XXX	标准编写、内容方法验证	XXX
XXX	男	XXX	XXX	标准编写、内容方法验证	XXX
XXX	男	XXX	XXX	标准编写讨论	XXX
XXX	女	XXX	XXX	标准编写、讨论	XXX
XXX	男	XXX	XXX	标准内容指导，标准宣贯	XXX
XXX	男	XXX	XXX	标准编写讨论、应用验证	XXX
XXX	男	XXX	XXX	标准编写、内容方法验证	XXX
XXX	男	XXX	XXX	标准编写讨论	XXX
XXX	女	XXX	XXX	标准编写、应用验证	XXX

XXX	女	XXX	XXX	标准讨论、应用验证	XXX
XXX	男	XXX	XXX	资料收集与整理	XXX
XXX	男	XXX	XXX	标准编写、应用验证	XXX
XXX	男	XXX	XXX	标准讨论、应用验证	XXX
XXX	女	XXX	XXX	资料收集与整理、标准编写	XXX
XXX	男	XXX	XXX	标准编写、应用验证	XXX
XXX	女	XXX	XXX	资料收集与整理、讨论	XXX
XXX	男	XXX	XXX	标准讨论、应用验证	XXX
XXX	男	XXX	XXX	资料收集与整理、应用验证	XXX

(2) 起草组专题讨论

2025年8月和9月，分别召开2次起草组专题讨论，就标准文本和编制说明进行了多轮修改和完善，明确了标准框架、编制深度，对文本条款内容进行了充分讨论。《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T1.1—2020）中5.3.2具体的明确了标准起草时需要考虑文件使用者（科研单位、大学、推广单位、企业、管理机构等），从而保证规范性要素中的内容是特定使用者需要的。根据讨论会的意见，决定将标准名称改为《牛床再生垫料生产技术规范》。基于上述的规定和原则，研究确定了标准征求意见稿的定向征求专家单位和人员，力求在更广泛的范围获得业内更多合理化建议，以更好地确保标准编制质量。按照标准制定工作程序，标准编写组采取邮件的方式在全国范围内遴选专家，有针对性地进行标准定向的函件征求意见。

(3) 文献收集及相关研究进展分析

目前垫料生产从原料、生产工艺和设施设备、垫料质量等多方面对牛床再生垫料进行了研究。

原料的品质对垫料的生产有着重要的影响。根据相关文献的研究，处于不同疾病生态学背景下患腹泻病牛和健康牛粪便样品，牛粪便病毒组和细菌组呈现多样性，与牛宿主因素和环境因素呈现显著的相关性，采用其他牧场的粪污，会引入其他类型的病毒和细菌，对奶牛健康造成严重威胁。新生犊牛断奶前的胃肠道屏障功能和免疫力较低，极易受到各种肠道病原体的感染，诱发犊牛腹泻；犊牛

腹泻对幼反刍动物的健康构成重大威胁，在成年牛只和犊牛中均可发生。因此，牛床再生垫料的原料对于保障垫料产品的安全性具有重要的意义。

牛粪生产再生垫料之前需要进行固液分离。目前国内奶牛场收集的新鲜牛粪的含水率为 80~90%。奶牛粪便中的长纤维物质与胶体形成致密网状结构，需外力作用下打破其结构，才能实现水分的去除。奶牛场常见的粪污水分去除方式主要为机械固液分离。目前国内外用于固液分离的设备有：螺旋挤压式固液分离机、滚轴式固液分离机、斜板筛与螺旋挤压组合式固液分离机等。经固液分离后的固体牛粪含水率一般为 60~75%，用作牛床垫料。通过固液分离的方式，降低原料的含水率，能够满足后续的生产工艺的要求。

牛床再生垫料的生产工艺对产品的品质产生直接的影响。目前，牛粪再生垫料的生产方式主要有两类，好氧发酵和晾晒烘干。好氧发酵法生产牛粪再生垫料主要包括自然堆积式、条垛式、槽式、覆膜式和滚筒式，这些方式各有优缺点，自然堆积式操作简单但发酵周期长且易受环境影响；条垛式通风较好可缩短发酵时间，但占地面积大；槽式发酵效率高、便于管理，但建设成本较高；滚筒式发酵速度快、产品质量稳定，不过设备投资大。晾晒法则是利用自然光照、通风等方式使牛粪水分蒸发，该方法成本低但受天气影响大，且处理量有限，垫料产品的品质难以把控。在好氧发酵过程中，温度、湿度、通风量等参数的控制至关重要，合适的参数组合能够促进有益微生物的生长繁殖，加速有机物的分解转化，有效杀灭病原菌和寄生虫卵，提高垫料的质量和安全性。发酵充分的垫料质地疏松、透气性好，能够有效吸收奶牛排泄的尿液和粪便，保持牛床干燥清洁，减少乳房炎等疾病的发生；而发酵不充分的垫料可能含有较多的病原菌和有害物质，对奶牛健康造成威胁。因此，选择合适的生产工艺并严格控制生产过程中的各项参数，是保证牛床再生垫料质量的关键。

在好氧发酵过程中，发酵温度、时间、通气量等参数的控制对垫料质量至关重要。研究表明，槽式和覆膜式发酵温度保持在 55℃ ~ 65℃ 之间，持续发酵 7 天 ~ 10 天，能够有效杀灭病原菌和寄生虫卵，同时使有机物充分分解，提高垫料的舒适度和安全性。此外，发酵过程中添加适量的微生物菌剂，可以加速发酵进程，改善垫料的物理和化学性质。在设施设备方面，好氧发酵还需要发酵槽、翻抛机等设备。发酵槽的设计应考虑通风、保温等因素，以保证发酵环境的

稳定性。翻抛机则用于定期翻动发酵物料，使其充分接触氧气，促进发酵均匀进行。

在国内外相关研究中，对生产牛粪再生垫料过程奶牛乳房炎致病菌的影响因素研究也较多。根据张琛茜、张雯等研究者对规模化养殖场临床型奶牛乳房炎发病影响因素调查，乳房炎致病菌主要为链球菌属（46.34%）、葡萄球菌属（34.76%）、埃希氏杆菌属（11.59%）、克雷伯氏菌属（5.49%）。综合国内文献的数据，我国导致奶牛乳房炎的最主要致病菌菌属为链球菌属、葡萄球菌属、克雷伯氏菌属、大肠杆菌属。因此，牛粪再生垫料的生产及使用过程，应对其致病菌进行严格控制，以避免致病菌的孳生，影响奶牛健康。

当垫料含水率过高时，垫料容易结块，导致奶牛躺卧时感觉潮湿不舒适，还可能滋生细菌，增加乳房炎等疾病的发病几率；而当垫料含水率过低时，垫料会过于干燥，产生较多粉尘，刺激奶牛呼吸道，同样不利于奶牛健康。因此，将垫料含水率控制在合适范围，对于保障奶牛健康和提高生产性能至关重要。相关研究表明，牛粪再生垫料含水率控制在40%~50%较为适宜，在此含水率下，垫料既能保持良好的松散度，又能减少粉尘产生，为奶牛提供舒适、安全的躺卧环境。同时，合适的含水率也有利于维持垫料中微生物的活性，促进有机物的分解，进一步提高垫料品质。垫料的粒度大小同样不容忽视，合适的粒度既能保证垫料的舒适性，又能避免因粒度过小导致奶牛吸入或皮肤接触不适。相关研究表明，粒度在1~2毫米的垫料较为适宜，这种粒度的垫料既能提供良好的支撑和缓冲，又便于奶牛活动时蹄部抓地，减少滑倒等意外情况的发生。

根据对国内相关文献和现场的调研研究，需要通过对原料品质、生产工艺、设施设备以及垫料质量等多方面综合分析，制定科学合理的牛床再生垫料生产技术规范。

（4）形成标准征求意见稿

2025年6月30日至7月31日，收集相关文献资料，组织现场调研，分析及总结并起草标准初稿，组织研讨；形成《牛床再生垫料生产技术规范》标准文本（征求意见稿）和征求意见稿编制说明。

2. 定向征求意见阶段

（1）征求意见情况

2025年10月，根据《国家标准管理办法》中第二十七条的规定，“国家标准起草，应当组建具有专业性和广泛代表性的起草工作组，开展国家标准起草的调研、论证（验证）、编制和征求意见处理等具体工作”。《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T 1.1—2020）中5.3.2具体的明确了标准起草时需要考虑文件使用者（科研单位、大学、推广单位、企业、管理机构等），从而保证规范性要素中的内容是特定使用者需要的。基于上述的规定和原则，按照标准制定工作程序，标准起草组采取邮件的方式在全国范围内遴选专家，有针对性地进行标准定向的函件征求意见。共发出征求意见的单位30个30位专家（表1-2），包括高校5个5位专家，科研院所8个单位8个专家、行政推广部门5个单位5位专家、养殖企业5个单位5位专家、设施设备企业4个单位4位专家、标准起草单位3位专家。

表 1-2 标准征求意见专家单位组成情况

单位性质	高校	科研院所	行政、推广部门	养殖企业	设施装备企业	标准起草单位
数量	5	8	5	5	4	3

表 1~3 标准定向征求意见单位及专家

序号	姓名	职称/职务	单位
1	高明春	副教授	东北农业大学
2	严格齐	副教授	山东农业大学
3	高艳霞	研究员	河北农业大学
4	顾招兵	教授	云南农业大学
5	赵国琦	教授	扬州大学
6	朱志平	研究员	中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所
7	陶秀萍	研究员	中国农业科学院都市农业研究所
8	沈玉君	正高级工程师	农业农村部规划设计研究院
9	孙芳	研究员	黑龙江省农业科学院畜牧研究所
10	杨宏军	研究员	山东省农业科学院畜牧兽医研究所
11	张克强	研究员	天津环保所
12	孙凤莉	研究员	河北省畜牧兽医研究所
13	李建喜	研究员	中国农业科学院兰州畜牧兽医研究所
14	刘慧环	正高级兽医师	黑龙江省奶业协会
15	曲绪仙	研究员	山东省畜牧总站
16	路永强	研究员	北京市畜牧总站

17	常杰	高级畜牧师	河南省农业厅
18	吕占民	高级农艺师	农业农村部农业机械化总站
19	马腾	场长	牧同科技股份有限公司
20	郭刚	总监	首农集团养殖事业部
21	袁耀明	推广研究员	光明牧业有限公司
22	于静	推广研究员/董事长	天津梦得集团有限公司
23	田雨	正高级畜牧/总经理	南京卫岗乳业有限公司
24	许立新	高级畜牧师	北京京鹏环宇畜牧科技股份有限公司
25	冯英	高级工程师/总经理	斯多康（北京）科技有限公司
26	许军	高级经济师/董事长	澳欣（北京）机械科技有限公司
27	王光	总经理	北京君光伟业科技有限公司
28	陈同斌	首席科学家	中国奶业协会、北京中科博联科技集团股份有限公司
29	石云霞	总经理	内蒙古标准化协会、内蒙古华蒙科创环保科技有限公司
30	高雁	研究员	新疆农业科学院微生物应用研究所

（2）征求意见处理情况

经过不同层面的意见征求，先后发出征求意见函 30 份，反馈回函 28 份，提出建议或意见的单位 28 个，收到回复并给出意见的专家共 28 人，最终形成的《定向征求意见意见汇总处理表》，有效建议 173 条，经研究采纳 121 条，不采纳 28 条，部分采纳 24 条。起草组根据采纳的意见对标准文本及其编制说明进行了修改完善。在此基础上形成了标准文本的预审稿和编制说明预审稿。

3. 标准预审阶段

（1）预审意见情况

2025 年 11 月 20 日，起草组向全国畜牧业标准化委员会提出申请，拟组织标准预审。2025 年 12 月 4 日，收到同意预审的复函（全畜标函[2025]47 号）。2025 年 12 月 22 日，XXX 组织相关专家对农业行业标准《牛床再生垫料生产技术规范》进行预审。

（2）预审会审定意见

2025 年 12 月 22 日，XXX 组织相关专家对农业行业标准《牛床再生垫料好氧发酵生产技术规程》（预审稿）进行了认真审查。专家组由朱志平、赵国琦、路永强、杜连柱、杨宏军、吕占民、徐鹏翔、王长林、郭刚组成。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.建议将标准名称修改为《牛床再生垫料生产技术规范》；
- 2.删除术语定义 3.2 和 3.3；删除表 1 中的沙门氏菌、霉菌、嗜热芽孢杆菌指标要求；
- 3.原料要求调整至第 4 章，成品存放和利用调整至第 6 章；
- 4.增加牛床再生垫料使用质量要求以及成品检验规则；
- 5.编制说明中补充完善主要参数的来源依据和验证案例；
- 6.按 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》要求进一步规范标准文本。

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。

(3) 预审会审定意见处理情况

经过标准预审，起草组根据采纳的意见对标准文本及其编制说明进行了修改完善。在此基础上形成了标准文本的公开征求意见稿和编制说明公开征求意见稿。预审会处理意见汇总表见附件 1。

二、标准编制原则、主要内容及确定依据

(一) 标准编制原则

规范性原则。标准编写工作严格按照《标准化工作导则第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》（GB/T1.1—2020）的规则和有关畜牧业高质量发展的政策法规、标准进行编制，对标准文件结构、要素及文字的描述，进行规范性修改。

普遍性原则。不同牧场地理区域不同、生产工艺不同，所以作为行业技术标准，所提出的牛床再生垫料好氧发酵生产技术规程应反映我国牧场对牛床再生垫料好氧发酵生产的总体实际情况，避免以偏概全而失去该标准的指导意义。至于该标准难以涵盖的、特定地区所采用的牛床再生垫料好氧发酵生产技术规程要求，则由相应的地方标准进行指导和规范。

适用性和先进性相结合的原则。标准涉及的技术内容首先要保障其适合于我国牧场牛床再生垫料生产的实际条件，但同时应具有一定的先进性，既保证通

过努力可以实现，又留有一定的发展空间，以利于推动我国牧场牛床再生垫料生产使用，促进畜牧业高质量发展。

(二) 主要内容及确定依据

1 范围

标准内容：

1 范围

本文件规定了牛床再生垫料生产的基本要求、生产工艺和设施设备、质量控制、记录和档案管理内容。

本文件适用于以奶牛养殖场（户）固液分离后的固体粪污或牛粪沼渣为原料的牛床再生垫料生产及质量控制，肉牛场参照执行。

依据和理由：

依据国家畜禽粪污资源化利用及畜牧业绿色发展政策导向，固体粪污或牛粪沼渣加工为牛床垫料的应用已逐步普及，此举既能破解奶牛场粪污处置难题、实现资源循环，又能替代传统垫料降低养殖成本，同时优质垫料可减少奶牛乳房炎等疾病发生，保障奶牛健康。《牛床再生垫料生产技术规范》的实施，对规范行业生产、提升粪污资源化利用效率、推动奶牛养殖产业提质增效具有重要现实意义。

当前行业缺乏统一生产标准，部分产品存在卫生不达标、物理性状不稳定等问题，影响应用效果与奶牛福利。本标准根据牛床再生垫料生产全流程，针对性规定基本要求、生产工艺和设施设备、质量控制、记录和档案管理内容，精准匹配范围中原料及应用场景要求，旨在通过标准化生产规避风险、保障垫料品质。

同时，本标准明确了使用范围，即适用于以奶牛养殖场（户）固液分离后的固体粪污或牛粪沼渣为原料的牛床再生垫料生产及质量控制，肉牛场参照执行。鉴于肉牛场与奶牛场粪污特性、垫料需求存在共性，明确肉牛场参照执行，兼顾标准适用性与行业全覆盖性，助力畜禽粪污资源化利用落地见效。

2 规范性引用文件

标准内容：

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 4789.10 食品安全国家标准 食品微生物学检验 金黄色葡萄球菌检验
GB 4789.11 食品安全国家标准 食品卫生微生物学检验 β 型溶血性链球菌检验
GB 8576 复混肥料中游离水含量的测定 真空烘箱法
GB 10396 农林拖拉机和机械、草坪和园艺动力机械安全标志和危险图形 总则
GB 14554 恶臭污染物排放标准
GB/T 19524.1 肥料中粪大肠菌群的测定
GB/T 24891 复混肥料粒度的测定
SN/T 1962 食品中克雷伯氏菌检测方法

依据和理由：

“GB4789.10 食品安全国家标准 食品微生物学检验 金黄色葡萄球菌检验”：该标准用于金黄色葡萄球菌检验，样品的处理方法为称取 25g 样品至盛有 225mL 7.5 %氯化钠肉汤的无菌均质杯，获取样品匀液，之后进行增菌、分离、初步鉴定、确证鉴定等操作，方法与牛床再生垫料中金黄色葡萄球菌检测方法一致。可为牛床再生垫料中金黄色葡萄球菌检测提供方法依据（条款 6.1 垫料质量要求）。

“GB4789.11 食品安全国家标准 食品卫生微生物学检验 β 型溶血性链球菌检验”：该标准用于 β 型溶血性链球菌的检验，样品的处理方法为按无菌操作称取检样 25 g (mL)，加入盛有 225 mL mTSB 的均质袋中，经过增菌、分离、鉴定等步骤检测链球菌，方法与牛床再生垫料中链球菌检测方法一致。可为牛床再生垫料中链球菌检测提供方法依据（条款 6.1 垫料质量要求）。

“GB 8576 复混肥料中游离水含量的测定 真空烘箱法”：该标准用于含水率的测定，检测方法为：于预先干燥并恒重的称量瓶中，称取实验室样品 2g，称准至 0.0002g，置于 50 °C \pm 2 °C,通干燥空气调节真空度为 6.4 \times 10⁴Pa~7.1 \times 10⁴Pa 的电热恒温真空干燥箱中干燥 2 h \pm 10 min，取出，在干燥器中冷却至室温，称量。可为牛床再生垫料中含水率的检测提供方法依据(条款 6.1 垫料质量要求)。

“GB 10396 农林拖拉机和机械、草坪和园艺动力机械安全标志和危险图形总则”：该标准为牛床再生垫料生产作业区安全警示标志的设置（条款 4.1 生产作业区）提供统一规范。

“GB 14554 恶臭污染物排放标准”：该标准为牛床再生垫料生产作业区的臭气排放控制指标与限值（条款 4.1 生产作业区）以及作业区环保管控提供了依据。

“GB/T 19524.1 肥料中粪大肠菌群的测定”：该标准的检验方法为，在无菌操作下称取样品 10.0g 或吸取样品 10m，加入到带玻璃珠的 90ml，无菌水中，置于摇床上 200r/min 充分振荡 30 min，即成 10^{-1} 稀释液，之后经过乳糖发酵试验、分离培养、证实试验等步骤，得出每克样品中的粪大肠菌群数。可为牛床再生垫料中粪大肠菌群的检测提供方法依据（条款 6.1 垫料质量要求）。

“GB/T 24891 复混肥料粒度的测定”：该标准的检验原理为用一定规格的试验筛，将实验室样品分成不同粒径的颗粒，称量，计算质量分数。分析步骤为“根据产品颗粒的大小，将筛子按 1.00mm、4.75mm 或 3.35mm、5.60mm 依次叠好装上底盘，称取按 GB 15063 中规定缩分的实验室样品约 200 g(精确至 0.5g)，分别置于 4.75 mm 或 5.60 mm 筛子上，盖上筛盖，置于振筛机上，夹紧筛盖，振荡 5 min，或进行人工筛分。称量 1.00 mm~4.75 mm 或 3.35 mm~5.60 mm 之间的试料（精确至 0.5g），夹在筛孔中的试料作不通过此筛处理”。基于其粒度筛分与计算方法，可满足本标准中“**垫料粒径 1.0 mm 及以上 $\geq 50\%$** ”的质量检测，为牛床再生垫料物料粒径检测提供方法依据（条款 6.1 垫料质量要求）。

“SN/T 1962 食品中克雷伯氏菌检测方法”：该标准规定了克雷伯氏菌的检验方法，采用的方法为“通过对 25g (mL) 样品进行预增菌、选择性增菌、分离及生化鉴定等方法对食品中可能存在的克雷伯氏菌进行定性检测。”其规定的检验方法，可为牛床再生垫料中克雷伯氏菌检测提供方法依据（条款 6.1 垫料质量要求）。

3 术语和定义

标准内容：

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

牛床再生垫料 *recycle d cattle be d ding*

牛粪再生垫料 *recycle d cattle be d ding*

以牛场（户）粪污固液分离后的固体部分或沼气工程产出的沼渣为原料，经好氧发酵或烘干等工艺生产的用于铺垫牛床的可再生物料。

依据和理由：

为清晰界定本标准中涉及的核心概念，便于理解和执行，标准中列出了“牛床再生垫料”“牛粪再生垫料”的术语。所谓的“牛床再生垫料”“牛粪再生垫料”，是指以牛场（户）粪污固液分离后的固体部分或沼气工程产出的沼渣为原料，经好氧发酵或烘干等工艺生产的用于铺垫牛床的可再生物料。

4 基本要求

标准内容：

4.1 生产作业区

- 4.1.1 应位于牛场生产区常年主导风向下风向或侧风向。
- 4.1.2 应防渗、防雨，排水良好。生产作业宜在室内进行。
- 4.1.3 应按照GB 10396的规定设置安全警示标志，采取防爆措施。
- 4.1.4 垫料生产系统应定期检修维护。
- 4.1.5 产生的废气宜集中收集处理，臭气排放应符合GB 14554的规定。

4.2 原料

4.2.1 新鲜粪污应来自本场（户）健康牛只，且沙子等杂物的质量占比不应超过1%。下列牛只的粪污不宜作为原料：

- a) 犊牛；
- b) 围产期牛；
- c) 新引进牛。

4.2.2 牛粪沼渣应来自本场厌氧发酵残留物。

依据和理由：

（1）生产作业区（见标准文件4.1）

生产作业区应考虑到疫病传播、安全生产、稳定运行、环境保护等多方面的因素。

①生产作业区易产生恶臭和病原，随着空气的流动会传播臭气和病原菌。

经实地探查国内奶牛场生产作业区的布置，生产作业区一般处于牛场生产区下风向或侧风向，可减少对生活区、生活区的气味影响和病原传播风险，有利于保障场区环境质量和防疫安全。

依据 GB/T 26624《畜禽养殖污水贮存设施设计要求》中“设在场区主导风向的下风向或侧风向”的选址要求，本标准内容“应位于牛场生产区常年主导风向的下风向或侧风向”。

表 2-1 奶牛场垫料生产作业区分布情况

序号	奶牛场名称	规模	原料	生产作业区位置
1	江苏省某奶牛场	10000 头奶牛	新鲜粪污	牛舍下风向建设有粪污暂存池和固液分离区，距离牛舍 50 米，固液分离后粪污用于冲粪，垫料生产作业区位于固液分离区旁
2	内蒙古自治区某奶牛场	5000 头奶牛	新鲜粪污	牛舍旁设置固液分离区，液体粪用于回冲粪污，固体粪用于垫料生产
3	河北省某奶牛场	2000 头奶牛	新鲜粪污	牛舍下风向，距离 30 米设置固液分离区，液体粪用于回冲粪污，固体粪用于垫料生产
4	山东省某奶牛场	5000 头奶牛	新鲜粪污	牛舍下风向，距离 50 米设置固液分离区，固体粪用于垫料生产
5	黑龙江省某奶牛场	6000 头奶牛	新鲜粪污	牛舍下风向，距离 40 米固液分离区域，液体用于回冲粪污，固体好氧发酵生产牛床再生垫料
6	宁夏回族自治区某奶牛场	10000 头奶牛	新鲜粪污	牛舍下风向，设置固液分离区，液体粪用于回冲粪污，固体粪用于垫料生产
7	山东省某奶牛场	10000 头奶牛	沼渣	生产作业区位于沼气发电工程区域，固体沼渣经过挤压、烘干、灭菌后回用于牧场作为牛床垫料
8	黑龙江省某奶牛场	10000 头奶牛	新鲜粪污	牛舍下风向，固液分离区，液体粪用于回冲粪污，固体粪用于垫料生产
9	河北省某奶牛场	10000 头奶牛	新鲜粪污	牛舍旁(下风向)设置固液分离区，液体粪用于回冲粪污，固体粪用于垫料生产
10	河北省某奶牛场	10000 头奶牛	新鲜粪污	牛舍旁(下风向)设置固液分离区，液体粪用于回冲粪污，固体粪用于垫料生产
11	黑龙江省某奶牛场	5000 头奶牛	黑龙江肇东牧业干化垫料	牛舍下风向，固液分离后进行覆膜好氧发酵生产牛床垫料

②生产作业区应防止粪污被雨水冲走或者渗漏，从而污染土壤和地下水。

生产作业区应满足防雨、防渗的要求，避免垫料受雨水浸泡性质发生变化，以及产生环境污染。本标准参考了 GB/T 27622《畜禽粪便贮存设施设计要求》中“顶部设置雨棚”“设施周围应设置排雨水沟，防止雨水径流进入贮存设施内；排雨水沟不得与排污沟并流”“地面防渗性能要求满足 GB 18598 相关规定”等要求，标准内容“应防渗、防雨，排水良好。生产作业宜在室内进行。”。

③生产作业区安全

项目生产过程中应符合安全生产基本要求。GB 10396《农林拖拉机和机械、草坪和园艺动力机械 安全标志和危险图形 总则》对安全警告标志的设置强制规定，本标准按此执行。本标准内容“应按照 GB 10396 的规定设置安全警示标志，采取防爆措施。”

④提出系统全年稳定运行要求

牛床再生垫料为持续供应，满足奶牛场日常养殖需求，垫料生产系统应定期检修维护，避免因系统停运导致垫料短缺影响生产。本标准内容“垫料生产系统应定期检修维护。”

⑤提出废气处理要求

生产作业区粪污、沼渣等会产生臭气，臭气处理需要满足相关标准规范的要求。本标准参考 NY/T 3442《畜禽粪便堆肥技术规范》和 GB 14554《恶臭污染物排放标准》对废气处理的规定，本标准按上述文件执行，以此为依据有效控制硫化氢、氨气等恶臭物质排放，符合环保要求，减少对周边环境的影响。本标准内容“产生的废气宜集中收集处理，臭气排放应符合 GB 14554 的规定。”

(2) 原料（见标准文件4.2）

①原料采用新鲜粪污应来自本场（户）健康牛只

牛粪污病毒组和细菌组呈现多样性，与牛宿主因素和环境因素呈现显著的相关性，采用其他牧场的粪污，会引入其他类型的病毒和细菌，对奶牛健康造成严重威胁。牛床再生垫料生产考虑到生物防疫的要求，垫料仅限于本场内进行存放和使用。因此，本标准内容“新鲜粪污应来自本场（户）健康牛只”。

②规范粪污中沙子等杂物的含量

奶牛场（户）在粪污收集过程中易收集到沙子，沙子会造成管道堵塞、设备

磨损等突出问题，降低设备使用寿命。根据奶牛场运营实际以及固液分离机设备厂家的调研情况，含沙量过高会产生如下影响：

(1) 沙子设备磨损与腐蚀

沙子等固体颗粒物在液固分离过程中会加速设备磨损，尤其是筛网、滤布等部件易被划伤。

(2) 分离效率下降

沙子与液体混合时，可能堵塞过滤孔隙或沉降区域，导致分离效率降低。

(3) 维护成本增加

含沙物料会增加设备维护频率，例如筛网需更频繁清洗或更换，间接导致运营成本上升。

当含沙量超过1%时，就需要高度警惕，磨损速度会明显加快。如果含沙量持续高于2%~3%，绝大多数普通固液分离机都会面临严重的磨损和堵塞问题，设备寿命会大幅缩短。本标准内容“沙子等杂物的质量占比不应超过1%”。

③携带病原菌的牛只粪污不宜作为原料使用

犊牛粪便：新生犊牛断奶前的胃肠道屏障功能和免疫力较低，极易受到各种肠道病原体的感染，诱发犊牛腹泻，引起犊牛腹泻的细菌性病原（致病性大肠杆菌、沙门氏菌、奇异变形杆菌、产气荚膜梭菌、弯曲杆菌等）、寄生虫（隐孢子虫、球虫、微孢子虫、蓝氏贾第虫、胃肠道线虫、犊新蛔虫、绦虫等）、病毒性病原（牛病毒性腹泻病毒、牛轮状病毒、牛冠状病毒等），进入粪污当中，牛只接触后，对反刍动物的健康构成重大威胁。

围产期牛：围产期牛发病率较高，病毒、病菌、寄生虫等从病牛的粪便中排出，健康牛接触后易引起感染发病。

新引进牛：牛粪便病毒组和细菌组呈现多样性，与牛宿主因素和环境因素呈现显著的相关性，采用新引进的奶牛，会引入其他类型的病毒和细菌，对奶牛健康造成严重威胁。

④沼渣应为本场沼气工程厌氧发酵剩余物

沼渣应为本场沼气工程厌氧发酵剩余物，不应掺杂其他养殖场或者其他动物粪污。通过对奶牛场牛粪沼渣生产垫料过程中菌群组成的研究，发现优势菌门和菌属均发生了较大改变，发酵处理后菌群多样性和丰富度均降低，沼渣中均未发

现报道的大肠杆菌、链球菌、葡萄球菌等常见乳房炎致病菌，厌氧发酵有效抑制了这些病原菌的活性，该种生产工艺满足奶牛场对牛粪垫料安全性的需要。

5 生产工艺和设施设备

标准内容：

5.1 工艺流程

以新鲜粪污为原料的，固液分离后经好氧发酵生产牛床再生垫料；以厌氧发酵残留物为原料的，固液分离后经好氧发酵、晾晒或烘干生产牛床再生垫料。工艺流程见图1、图2。

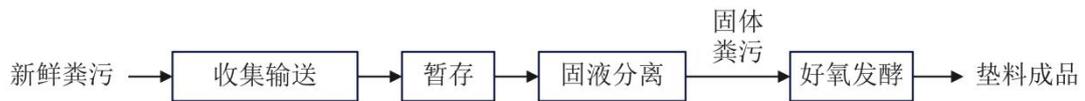


图1 新鲜粪污生产牛床再生垫料工艺流程

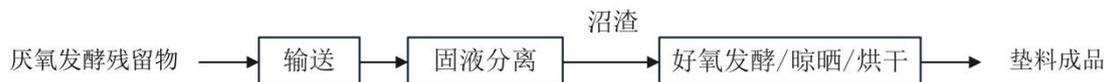


图2 厌氧发酵残留物生产牛床再生垫料工艺流程

5.2 收集输送

- 5.2.1 宜选用刮板清粪工艺，采用暗沟（管）输送。采用铲车清粪时，避免遗洒。
- 5.2.2 粪污进入暂存池前，宜经粗格栅过滤处理。
- 5.2.3 对含沙或其他杂物较多的粪污，应设置沉砂池或专用除杂装置。

5.3 暂存

5.3.1 暂存池容量应与粪污产生量和垫料生产系统处理能力相匹配，暂存时间不宜超过5 d。

5.3.2 暂存池内壁和地面应做防渗处理，设施周围应设置导流渠，防止径流和雨水进入，设置围栏和安全警示标志。

5.3.3 暂存池中应配备机械搅拌装置。

5.4 固液分离

5.4.1 分离后的固体粪污含水率宜为60 %~65 %。

5.4.2 固液分离设备的生产能力应与再生垫料生产设备的单次进料量相匹配。

5.5 好氧发酵

可选择如下任一方式进行好氧发酵。

a) 反应器式：

1) 经固液分离后的固体粪污进入密闭好氧发酵仓/罐/滚筒, 通过控温供氧进行发酵, 发酵温度为55 °C~60 °C, 维持时间应大于12 h; 发酵温度65 °C以上的, 维持时间应不小于8 h;

2) 原料初始温度低于10 °C时, 可通过部分出料返回至进料端, 返料量宜为10%~20%;

3) 反应器容积应根据每天垫料生产批次和牛场垫料需要量确定;

4) 反应器应具备良好的保温性能, 罐体外保温层厚度应根据现场气候和工艺确定;

5) 反应器内部所有部件应进行防腐处理或使用防腐材料。

b) 槽式:

1) 可采用移动翻抛机械或翻抛车进行物料翻抛, 首次翻抛应在堆体温度升至约60 °C时进行, 之后每隔1 d~2 d翻抛1次;

2) 发酵槽底部宜加装通气管进行强制通风, 堆体内部氧气浓度宜大于5%;

3) 初期物料温度宜不低于10 °C, 堆体温度达到55 °C以上且维持时间应不少于7 d。

c) 覆膜式:

1) 采用间歇曝气方式, 堆体内部氧气浓度宜大于5%;

2) 可用人工或卷膜机械揭膜后通过移动翻抛机械或翻抛车进行物料翻堆, 宜每隔2 d~3 d翻堆1次; 宜采用卷膜翻堆覆膜一体机, 实现卷膜、翻堆、覆膜一体化作业;

3) 堆体温度达到55 °C以上且维持时间不应少于7 d。

5. 6 晾晒或烘干

5. 6. 1 厌氧发酵残留物经固液分离后的沼渣, 经晾晒或烘干至含水率宜不高于50%。

5. 6. 2 烘干设备热源宜采用沼气热风炉或沼气发电机尾气余热。

依据和理由:

(1) 工艺流程 (见标准文件5.1)

目前, 国内的牛场以新鲜粪污或厌氧发酵残留物生产再生牛床垫料的工艺不规范, 导致生产的牛床再生垫料成品质量差, 需要对工艺流程进行规范。

以新鲜粪污为原料的, 固液分离后经好氧发酵生产牛床再生垫料; 以厌氧发酵残留物为原料的, 固液分离后经好氧发酵、晾晒或烘干生产牛床再生垫料。

表 2-2 目前国内主要的垫料生产模式

序号	牧场名称	核心技术/模式	模式特点	信息来源

1	江苏省某牛场	二级固液分离+好氧发酵	粪污进入一级固液分离设备，将粪污中的水分降低，然后进入二级固液分离设备进一步去除水分，经过二级固液分离的粪污进入好氧发酵池，通过好氧微生物的作用，去除病原菌，同时进一步降低水分	现场调研
2	内蒙古自治区某牛场	二级固液分离+滚筒式好氧发酵	粪污通过回冲系统收集至集污池，通过两级螺旋挤压方式，降低固体粪污含水率，之后进入滚筒式好氧发酵反应器进行高温好氧发酵，发酵温度60℃经过12~18h的好氧发酵，得到牛床再生垫料	现场调研
3	河北省某牛场	二级固液分离+滚筒式好氧发酵	牧场集污池粪污通过两级固液分离，分离得到的固体粪污进入好氧发酵滚筒，发酵周期24h	现场调研

(续)

序号	牧场名称	核心技术/模式	模式特点	信息来源
4	山东省某牛场	二级固液分离+BRU好氧发酵	固液分离后的粪污进入BRU处理系统，系统采用螺旋挤压方式进行进一步分离，分离后的固体粪污进入滚筒内进行好氧发酵，发酵周期18h	现场调研
5	黑龙江省某牛场	二级固液分离+滚筒式好氧发酵	带式挤压脱水设备脱水后进行好氧发酵，生产再生牛床垫料，发酵周期12~18h，代替原晾晒牛粪混合稻壳的方式	现场调研
6	宁夏回族自治区某牛场	二级固液分离+滚筒式好氧发酵	粪污通过回冲系统收集至集污池，通过螺旋挤压方式进行固液分离，固体粪污进入滚筒式好氧发酵反应器进行高温好氧发酵，发酵温度60℃经过12~18h的好氧发酵，得到牛床再生垫料	现场调研
7	山东省某牛场	二级固液分离+滚筒式好氧发酵	生产作业区位于沼气发电工程区域，固体沼渣经过挤压、烘干、灭菌后回用于牧场作为牛床垫料	现场调研
8	河北省某牛场	二级固液分离+滚筒式好氧发酵	带式挤压脱水设备，采用摊平挤压的方式，挤压力更小的情况下，达到更高的脱水效果，含水率55~60%，之后进入滚筒式好氧发酵设备	现场调研

9	宁夏回族自治区某牛场	卧式好氧发酵(生产牛床垫料)	采用第三方托管运营,粪污经固液分离、二次挤压和高温好氧发酵后,生产优质牛床垫料,实现场内循环利用。	现场调研
10	福建省某牛场	牛-沼-草-牛生态循环	固体粪便通过好氧发酵制成垫料;液体部分厌氧发酵产生沼气和沼液,沼液作为液态有机肥还田,构建种养结合闭环。	现场调研
11	天津市某牛场	中温厌氧塞流式发酵+晾晒	自主研发技术,将传统180天的粪污处理周期大幅缩短至21天,构建“沼渣—垫料、沼气—能源、沼液—肥料”全链条资源化体系。	现场调研
12	河南省某牛场	覆膜式好氧发酵+种养循环	干粪覆膜发酵后回用为牛床垫料;污水经厌氧发酵后,在施肥季节通过管网系统还田利用,形成墙内养殖、墙外种植的闭环。	现场调研

(2) 收集输送 (见标准文件5.2)

①清粪工艺

原料收集输送应实现源头减量,符合农业绿色发展方向。通过机械或刮板收集粪污的方式,能够避免大量冲洗用水,相比水冲式清粪工艺节约2/3用水量,显著降低水资源消耗。

人工铲车粪污输送过程中,存在由于滴漏造成的沿路污染问题和由于粪污黏黏导致的卸车不净问题。

采用暗管排放可避免污水暴露导致病原扩散,同时降低雨季污水溢流引发的环境污染风险,同时也可降低奶牛场粪污收集成本。依据NY/T 682《畜禽场场区设计技术规范》中“场区污水应采用暗管收集,集中处理”的内容,本标准内容“宜选用刮板清粪工艺,采用暗沟(管)输送。采用铲车清粪时,避免遗洒”。

②杂物处理

养殖场粪污在收集过程中,不可避免的产生塑料、金属等杂质,粪污进入暂存池前经格栅过滤,对含沙或其他杂物较多的粪污,应设置沉砂池或专用除杂装置,这一强调主要去除用于生产垫料的粪污中金属、塑料、砂石等杂物,以防止杂物对后期粪污处理过程中管道、运输泵及固液分离机等设备造成损坏,降低设备使用寿命。

(3) 暂存 (见标准文件5.3)

①明确暂存池设计及容量

粪污暂存时间过长，设施占地面积增大、投资增加，同时造成垫料产品供给不稳定。目前国内运营良好的养殖场能够实现粪污日产日清，垫料连续生产，考虑设备运行过程中涉及检修、突发意外情况等，暂存时间不超过5日。本标准内容“暂存池容量应与粪污产生量和垫料生产系统处理能力相匹配，暂存时间不宜超过5 d”。

表 2-3 养殖场暂存池体积

序号	奶牛场名称	规模	粪污产生量	固液分离频率	冲粪频率	暂存池贮存时间	暂存池容积
1	江苏省某牛场	10000 头奶牛	400 t/d	一日一次	一日两次	2~3 d	1000m ³
2	内蒙古自治区某牛场	5000 头奶牛	250 t/d	一日一次	一日一次	2~3 d	600m ³
3	河北省某牛场	2000 头奶牛	100 t/d	一日一次	一日一次	3 d	300m ³
4	山东省某牛场	5000 头奶牛	200 t/d	一日一次	一日一次	3~4 d	650m ³
5	黑龙江省某牛场	6000 头奶牛	200 t/d	一日一次	一日一次	7 d	1000 和 500m ³
6	宁夏回族自治区某牛场	10000 头奶牛	500 t/d	一日一次	一日一次	2 d	1000m ³

②暂存设施的建设要求

暂存池的应考虑防雨、防渗等环保要求，以及安全生产的要求。暂存池内壁和地面应做防渗处理，设施周围应设置导流渠，防止径流和雨水进入，设置围栏和安全警示标志。

暂存池中应配备机械搅拌装置，这一规定是结合粪污暂存和后续处理的实际需求制定的，旨在防止粪污沉淀、板结，保证粪污混合均匀性，提高生产流程效率，使牛床再生垫料生产更加合理、规范。考虑到以上环保、安全和使用要求，本标准内容“暂存池内壁和地面应做防渗处理，设施周围应设置导流渠，防止径流和雨水进入，设置围栏和安全警示标志。暂存池中应配备机械搅拌装置。”

(4) 固液分离

①规定脱水方式及含水率要求

含水率是固液分离后的重要指标，对后续的好氧发酵过程产生重要影响，这一指标的确定既要考虑后续生产工艺的需求，同时考虑设备的实际能力。

牛床再生垫料制作的关键环节是降低奶牛场粪污的含水率，主要利用技术为固液分离。粪污经固液分离后既可分离出粗纤维物质，从而制作牛床再生垫料，又便于污水的回收利用或达标处理。

奶牛场新鲜牛粪的含水率为 80%~90%。奶牛粪便中的长纤维物质与胶体形成致密网状结构，需外力作用下打破其结构，才能实现水分的去除。奶牛场常见的粪污水分去除方式为机械固液分离，目前国内外用于固液分离的设备有：螺旋挤压式固液分离机、滚轴式固液分离机、斜板筛与螺旋挤压组合式固液分离机等。经固液分离后的固体牛粪含水率一般为 55%~70%。

根据工艺流程图，固液分离后的粪污进行好氧发酵，好氧发酵的适宜含水率为 55%~65%，更有利于好氧发酵的进行。而含水率过高则会不利于微生物的生命活动，削弱微生物的生命功能，影响发酵进程；含水率过低则对设备的要求增加，增加投资和运营成本。

对目前牛场牛床再生垫料生产固液分离后的粪污含水率实际调研发现，大部分牛场分离后的固体粪污含水率为 60%~65%。

表 2-4 奶牛场固液分离后含水率数据调研

例证/规范来源	含水率范围	相关工艺简述
宁夏《规模奶牛场粪便垫料化生产技术规范》	≤65%	文件规定，粪便经预处理(如机械脱水)，含水率降至 65%后进行发酵处理
黑龙江省某牛场	70%	粪便固液分离后的固体粪便含水率在 70%左右，之后进行 8~9 周的好氧发酵
江苏省某牛场	55%~60%	筛分后进行螺旋挤压，干湿分离后干粪含水量约为 55%~60%
内蒙古自治区某牛场	58%~62%	两级螺旋挤压方式进行固液分离
河北省某牛场	55%~60%	一级螺旋挤压，二级高级螺旋挤压方式进行处理
山东省某牛场	60%~65%	两级螺旋挤压方式进行固液分离
黑龙江省某牛场	62%~65%	两级螺旋挤压方式进行固液分离
宁夏回族自治区某牛场	55%~57%	一级螺旋挤压式固液分离，二级带式挤压式固液分离

考虑后续好氧发酵生产工艺的需求，同时设备能够达到分离效果，本标准内

容“分离后的固体粪污含水率宜为 60 %~65 %”。

本标准内容“固液分离设备的生产能力应与再生垫料生产设备的单次进料量相匹配”。固液分离设备与牛床再生垫料生产设备的处理能力不匹配，会造成以下问题：固液分离设备处理能力过大，产生的多余固体粪污得不到及时处置或者超负荷生产可能导致设备损耗加速、能耗增加、安全隐患加剧等问题；固液分离设备处理能力过小，牛床再生垫料生产设备不能满负荷生产，会导致设备频繁启停或空转，加速机械磨损。

(5) 好氧发酵

① 反应器好氧发酵

(1) 标准明确了温度持续时间

温度对乳房炎致病菌有着重要的抑制作用，是保障垫料产品安全的关键性指标，前人研究表明温度高于 55 ℃可对乳房炎致病菌有很好的抑制作用。

表 2-5 乳房炎致病菌对死亡条件数据

序号	乳房炎致病菌类型	死亡条件
1	大肠杆菌	60 ℃ 10~30 min
2	克雷伯氏菌	56 ℃ 10~30 min
3	链球菌	54 ℃ 10 min
4	金黄色葡萄球菌	60 ℃ 30 min
5	沙门氏菌	56 ℃ 以上，1 h 死亡，60 ℃ 以上在 15~20 min 内死亡

滚筒发酵生产牛粪再生垫料过程影响奶牛乳房炎致病菌(大肠杆菌、链球菌、金黄色葡萄球菌和克雷伯氏菌等)的主要因素为好氧发酵温度。因此，应加强对滚筒内温度的控制，保证滚筒内部高温条件，从而达到杀灭奶牛乳房炎致病菌的目的。

表 2-6 致病菌灭活温度情况

序号	垫料再生工艺	数据来源	致病菌及灭活效果数据
1	高温滚筒好氧发酵工艺	牛粪再生垫料生产过程中物料特性及致病菌变化	夏、冬季滚筒发酵生产牛粪再生垫料过程中筒仓内温度较稳定，滚筒内部温度可维持在 55 ℃ 以上；成品垫料的含水率均低于 45 %；链球菌和克雷伯氏菌在垫料成品中均未检出。

2	高温滚筒好氧发酵工艺	再生固体牛粪垫料在泌乳牛群中的应用研究	经过发酵罐的总时间为 16 h，进入发酵罐后温度逐渐升高，最高可达 68.5 °C，发酵温度为 60 °C 以上的时间为 12 h。
3	黑龙江省某奶牛养殖场	现场采集实验数据	采用滚筒好氧发酵方式，发酵温度 60 °C 以上，发酵时间 12~18 h，大肠杆菌、沙门氏菌、链球菌和克雷伯氏菌在垫料成品中均未检出
4	黑龙江省哈尔滨市某牛场	现场采集实验数据	采用滚筒好氧发酵方式，发酵温度 60 °C 以上，发酵时间 12~18 h，大肠杆菌、沙门氏菌、链球菌和克雷伯氏菌在垫料成品中均未检出
5	宁夏中卫牧场	现场采集实验数据	采用滚筒好氧发酵方式，发酵温度 65 °C 以上，发酵时间 8~12 h，大肠杆菌、沙门氏菌、链球菌和克雷伯氏菌在垫料成品中均未检出

根据前期黑龙江省某奶牛养殖场等实验数据，好氧发酵反应器温度基本维持在 60 °C 左右，能够保证有害菌的杀灭效果。发酵温度为 55 °C~60 °C，维持时间不宜少于 12 h；发酵温度 65 °C 以上，维持时间不宜少于 8 h。

本标准内容“经固液分离后的固体粪污进入密闭好氧发酵仓/罐/滚筒，通过控温供氧进行发酵，发酵温度为 55 °C~60 °C，维持时间应大于 12 h；发酵温度 65 °C 以上的，维持时间应不小于 8 h”。

(2) 环境温度较低状况下的发酵工艺

初始温度会显著影响发酵周期。好氧发酵易受环境温度的影响，在秋冬季节，低温会导致粪污无法快速升温 and 有效发酵，从而无法有效杀灭各类病原菌，同时减缓好氧发酵过程中的生物代谢和化学反应，延长发酵周期。当堆体和环境的温度低于 20 °C 时，堆体中大多数微生物的新陈代谢活动会显著减慢甚至停止。而陈同斌等则认为，临界温度以下，温升速率为 2~4 °C/d，但临界温度以上，温升速率高达 10~30 °C/d。

表 2-7 生长温度范围

序号	临界温度条件	数据来源
1	10 °C	低温下冷适应性菌剂与超高温菌剂联用的堆肥效果评价
2	10 °C	低温菌强化堆肥起爆进程中细菌群落响应机制
3	15 °C	牛粪堆肥低温启动复合菌剂研制及其效果评价
4	10 °C	不同处理条件对冬季牛粪堆肥效果的影响
5	18 °C	耐高温和耐低温固体复合菌剂对牛粪堆肥的影响

本标准在养殖场进行了好氧发酵温度和添加返料的试验研究,根据前期的数据发现,在温度低于 10 °C 时,升温速率缓慢,添加返料后能够提高初始物料的速率和升温速率,保障好氧发酵进程。

表 2-8 低温好氧发酵温度数据

序号	初始温度	第 3 天	第 10 天	第 15 天	最高温度
固体粪污	10	14	57	64	64
固体粪污	10	14	28	57	65
固体粪污+10 %返料	15	28	65	64	65
固体粪污+20 %返料	16	37	67	66	68

综上,本标准规定“原料初始温度低于 10 °C 时,可通过部分出料返回至进料端。返料量宜为 10 %~20 %。”

保温及抗寒要求: 设置保温的主要目的是维持罐内温度稳定,保障微生物代谢活动的正常进行,从而提高发酵效率和产品质量。

维持温度稳定: 发酵过程中微生物代谢会产生热量,但若散热过快会导致温度骤降,直接影响代谢活性。例如,传统发酵设备在~10 °C 环境下 24 小时温度可能下降超 10 °C,而通过保温措施可将温度波动控制在±1 °C 内,确保有害微生物杀灭效果。

这一规定考虑到温度对好氧发酵效果影响较大,通过保温抗寒设计规避环境影响,保障发酵稳定。系统配备加热、保温措施,选用聚氨酯泡沫等保温材料,外防护层厚度根据气候和工艺确定。

(3) 其他要求

设备防腐及寿命要求: 反应器接触原料为粪便,好氧发酵过程会产生氨气、硫化氢等气体具有腐蚀性,反应器内部所有部件应进行防腐处理或使用防腐材料。

反应器容积要求: 为了确保奶牛场的垫料使用需求得到充分满足,反应器的容积设计必须经过细致的考量。容积的确定应当基于每天垫料生产的批次数量以及奶牛场对垫料的实际需求来进行精确计算。

②槽式好氧发酵

氧气供应对发酵过程起到重要的促进作用,是好氧发酵正常进行的重要因素之一。槽式发酵的供氧方式有两种:

第一种方式是通过翻抛，本标准“可采用移动翻抛机械或翻抛车进行物料翻抛，首次翻抛应在堆体温度升至约 60 °C 时进行，之后每隔 1 d~2 d 翻抛 1 次”，本标准参考了这一规定参考了《畜禽粪便堆肥技术规范》“条垛式堆肥和槽式堆肥的翻堆次数宜为每天 1 次，反应器堆肥宜采取间歇搅拌方式（如：开 30 min 停 30 min），实际运行中可根据堆体温度和出料情况调整搅拌频率”，考虑到实际好氧发酵过程中前期对氧气的需求量较低，翻抛对堆体温度损失较大，首次翻抛在堆体温度升至约 60 °C 时进行，之后每隔 1 d~2 d 翻抛 1 次。

第二种方式是通过发酵槽底部加装通气管，采用送风机定时强制通风。本标准“发酵槽底部宜加装通气管进行强制通风，堆体内部氧气浓度宜大于 5 %”。这一规定参考了《畜禽粪便堆肥技术规范》，槽式发酵通风对好氧发酵起到关键作用，通过发酵槽底部加装通气管，采用送风机定时强制通风，确保好氧发酵过程的正常进行。

发酵温度及时间要求：槽式发酵过程需要通过足够的高温和时间实现致病菌的灭活，所谓的温度及时间要求，是指堆体温度达到 55 °C 以上且维持时间不少于 7 d。这一规定参考了《畜禽粪便堆肥技术规范》《粪便无害化卫生要求》“槽式发酵时间不少于 7 天”的规定，通过足够的高温和时间实现无害化处理。

③覆膜式好氧发酵

氧气供应对发酵过程起到重要的促进作用，是好氧发酵正常进行的重要因素之一。覆膜式发酵的供氧方式有两种：

第一种方式是通过间歇曝气方式，本标准“采用间歇曝气方式，堆体内部氧气浓度宜大于 5 %”。这一规定与槽式好氧发酵的曝气要求一致，基于好氧发酵的共性需求，确保微生物代谢所需氧气。

第二种方式是通过翻抛方式，本标准“可用人工或卷膜机械揭膜后通过移动翻抛机械或翻抛车进行物料翻堆，宜每隔 2 d~3 d 翻堆 1 次；宜采用卷膜翻堆覆膜一体机，实现卷膜、翻堆、覆膜一体化作业”。翻堆及覆膜操作，是指每隔 2 d~3 d 翻堆 1 次，这一规定与槽式好氧发酵的曝气要求一致，基于好氧发酵的共性需求，确保微生物代谢所需氧气。

发酵温度及时间要求：堆体温度达到 55 °C 以上且维持时间不少于 7 d。这一规定参考了《畜禽粪便堆肥技术规范》《粪便无害化卫生要求》“槽式发酵时间不少于 7 天”的规定，通过足够的高温和时间实现无害化处理。

(6) 晾晒或烘干（见标准文件5.6）

沼渣晾晒烘干用做牛床垫料，晾晒烘干的主要目的是去除原料中的水分，需要满足垫料质量的控制要求，本标准“厌氧发酵残留物经固液分离后的沼渣，经晾晒或烘干至含水率宜不高于 50 %。”这一规定根据质量控制章节对含水率的指标要求确定。

本标准“烘干设备热源宜采用沼气热风炉或沼气发电机尾气余热”，体现资源循环利用和节能减排的理念。沼气热风炉利用沼气燃烧产生的热能对沼渣进行烘干，而沼气发电机尾气余热则是将发电机运行过程中产生的废热进行回收再利用，这两种方式均能有效降低烘干过程中的能源消耗，减少对传统能源的依赖。同时，采用这些热源还能降低烘干成本，提高沼气利用的整体经济效益。

6 质量控制

标准内容：

6 质量控制

6.1 垫料质量要求

生产的垫料，其质量应符合表1的要求。

表 1 垫料质量要求

项目	出料端口要求	使用前质量要求	参照方法
外观	褐色或棕褐色，疏松、无臭味	褐色或棕褐色，疏松、无臭味	目测，鼻嗅
含水率	40 %~50 %	40 %~50 %	GB 8576
粪大肠菌群数	≤100 CFU/g	≤10 ⁶ CFU/g	GB/T 19524.1
金黄色葡萄球菌	不得检出	-	GB 4789.10
链球菌	不得检出	-	GB 4789.11
克雷伯氏菌	不得检出	-	SN/T 1962
物料粒径	粒径 1.0 mm 及以上 ≥ 50 %	粒径 1.0 mm 及以上 ≥ 50 %	GB/T 24891

6.2 垫料存放

- 6.2.1 应有独立的垫料存放场所。
- 6.2.2 存放场所应防雨雪、防潮、防风、防火。
- 6.2.3 堆体高度宜不超过2.5 m。
- 6.2.4 存放空间宜不少于3 d垫料生产量的要求，并满足垫料运输车辆装卸作业要求。

6.3 垫料使用

- 6.3.1 垫料应在本场内使用。
- 6.3.2 垫料宜用于12月龄以上牛只的牛床铺垫，铺设厚度宜为15 cm~25 cm，铺设后应及时平整。
- 6.3.3 垫料宜在出料后12 h内或72 h以后使用，使用时粪大肠菌群数应不超过 10^6 CFU/g。
- 6.3.4 宜根据厚度每日补充新垫料，垫料铺设和平整宜先择空舍时或奶牛进入奶厅挤奶期间完成。
- 6.3.5 使用时宜添加垫料鲜重1%~2%的碱性调理剂（如氢氧化钙），并混合均匀。

6.4 检测

- 6.4.1 设备稳定运行后，应按照表1出料口质量要求进行检测，检测批次宜不少于3次。
- 6.4.2 正常使用期间，垫料含水率宜每批次采样检测，微生物指标宜每月定期取样检测。采用快速检测方法的仪器应定期标定。
- 6.4.3 牛场发生疑似疫情风险时，应进行垫料中微生物指标突击性检测。

依据和理由：

(1) 垫料质量要求（见标准文件6.1）

① 外观和含水率

根据对国内养殖场的垫料产品的调研数据，牛床再生垫料产品外观褐色或棕褐色，疏松、无臭味。

垫料成品含水率是衡量垫料安全性与舒适性的重要指标，含水率过高会影响奶牛躺卧的舒适度，且易滋生致病菌；含水率过低，铺设和使用过程易产生粉尘，影响奶牛呼吸道健康。对目前国内养殖的垫料使用情况进行了调研，情况如下：

表 2-9 垫料含水率及使用情况汇总

例证/规范来源	固液分离含水率范围	相关工艺简述	垫料含水率	粒径范围	使用情况
哈尔滨市双城区某奶牛养殖场	58%~62%	两级固液分离机、卧旋式滚筒发酵罐	43%~50%	0.5~3mm	冬季垫料含水率过高
内蒙古某牛场	55%	固液分离、覆膜式好	40%~	0~5	使用过程中

		氧发酵	45 %		粉尘较大
江苏省某牛场	55 %~60 %	筛分后进行螺旋挤压, 干湿分离后干粪含水量约为 55 %~60 %, 槽式好氧发酵	40 %~50 %	1~3mm	无
河北省某牛场	55~60 %	一级螺旋挤压, 二级高级螺旋挤压方式进行处理, 反应器式好氧发酵	45 %~50 %	0~5mm	较小颗粒对乳房产生影响
山东省某牛场	60~65 %	两级螺旋挤压方式进行固液分离, 反应器式好氧发酵	45 %~52 %	0~3mm	无
黑龙江省某牛场	62~65 %	两级螺旋挤压方式进行固液分离, 反应器式好氧发酵	45 %~52 %	0~5mm	部分情况出现含水率较高, 需要降低含水率
宁夏回族自治区某牛场	55~57 %	一级螺旋挤压式固液分离, 二级带式挤压式固液分离, 反应器式好氧发酵	45 %~50 %	0~10mm	粒径较小会产生粉尘, 对乳房产生影响
宁夏《规模奶牛场粪便垫料化生产技术规范》	≤65 %	粪便经预处理(如机械脱水), 含水率降至 65 %后进行发酵处理		/	/

垫料含水率会影响奶牛躺卧的舒适度, 同时水分含量的多少会影响其内部微生物的生长情况, 建议牛床再生垫料水分含量应 40~50 %, 符合牛床再生垫料的含水率要求。

②致病菌的测定

现有标准中仅对粪大肠菌群、金黄色葡萄球菌、沙门氏菌指标进行了规定:

表 2-10 目前国内标准对质量控制情况汇总

标准类型	标准名称	外观	水分要求	微生物指标	粒径指标
团标	《牛床垫料再生利用技术要求》(t/dACS 011~2023)	褐色或浅褐色, 疏松无臭味	≤50 %	粪大肠菌群数 ≤ 100CFU/g 霉菌 ≤ 40000CFU/g 金黄色葡萄球菌、沙门氏菌不得检出	纤维破坏率 ≤ 5 %
新疆	《牛粪制备卧床垫料技术规程》(T/WSWX h 005~2022)	外观颜色为褐色或浅褐色, 松散颗粒状或粉末状固体, 无明	≤45 %	粪大肠菌群数 ≤ 45CFU/g 霉菌 ≤ 105CFU/g、金黄色葡萄球菌、沙门氏菌	无

		显结块。		不得检出	
内蒙	《粪渣发酵牛床垫料》(T/IMAS 090~2025)	颜色为褐色或浅褐色,松散颗粒状或粉末状固体,无明显结块	≤45 %	粪大肠菌群数≤100CFU/g 霉菌≤40000CFU/g 金黄色葡萄球菌、沙门氏菌不得检出	无
宁夏	《宁夏规模奶牛场粪便垫料化生产技术规范》(T/NAASS 035~2022)	褐色或棕褐色,疏松、无臭味	≤45 %	粪大肠菌群数≤100CFU/g 霉菌≤40000CFU/g 金黄色葡萄球菌、沙门氏菌不得检出	无
黑龙江	《规模化奶牛场粪便密闭好氧发酵生产垫料技术规程》(dB 23/T 2553~2020)	外观颜色为褐色或浅褐色,松散颗粒状或粉末状固体,无明显结块	≤45 %	无	无

垫料中的致病菌指标需要进行严格控制,以保障垫料使用的安全性,根据相关标准和资料调研,目前垫料致病菌主要包括:粪大肠菌群、金黄色葡萄球菌、沙门氏菌、链球菌、克雷伯氏菌等。

粪大肠菌群作为垫料中常见的肠道致病菌指示菌,其数量直接反映垫料受粪便污染程度及卫生状况。若粪大肠菌群数超标,奶牛躺卧时易通过皮肤接触或呼吸道吸入感染,引发乳房炎、子宫内膜炎等疾病。金黄色葡萄球菌可产生多种毒素和酶,导致奶牛局部化脓性感染,严重时引发败血症;沙门氏菌能侵害奶牛肠道黏膜,引发急性胃肠炎,出现腹泻、脱水等症状;链球菌中的无乳链球菌是奶牛乳房炎主要病原菌,可造成乳房红肿、乳汁变质;克雷伯氏菌则可能引发奶牛肺部感染,导致咳嗽、呼吸困难。因此,本标准将粪大肠菌群数出料端口限定为≤100 CFU/g,使用前放宽至≤10⁶ CFU/g,同时明确金黄色葡萄球菌、链球菌、克雷伯氏菌不得检出,通过严格限制致病菌种类及数量,从源头降低奶牛感染风险,保障奶牛健康与养殖效益。

表 2-11 垫料含水率及使用情况汇总

例证/规范来源	测定项目	具体指标
黑龙江省某奶牛养殖场	粪大肠菌群数	2.0×10 ⁴
内蒙古某牛场	粪大肠菌群数	4.1×10 ³
江苏省某牛场	粪大肠菌群数	3.0×10 ³
河北省某牛场	粪大肠菌群数	1.2×10 ⁵

山东省某牛场	粪大肠菌群数	2.6×10^4
黑龙江省某牛场	粪大肠菌群数	4.2×10^5
宁夏回族自治区某牛场	粪大肠菌群数	1.6×10^4

④物料粒径的测定

垫料成品对粒径大小对奶牛舒适度影响较大，垫料颗粒粒径较小时，易沾染在奶牛乳房皮肤表面，附着在奶牛体表的细小颗粒会携带致病菌在奶牛乳孔开张时进入其乳房内部，进而感染奶牛乳房，增加奶牛罹患乳房炎的风险。

根据前期现场试验分析，随着好氧发酵过程的进行， $>1\text{mm}$ 的垫料逐渐减少， $<0.5\text{mm}$ 和 $0.5\sim 1\text{mm}$ 粒径的垫料逐渐增多，主要分布在 $1\sim 2\text{mm}$ 之间，主要由于发酵过程利用好氧微生物的活性将纤维素、半纤维素等大分子物质分解，使得大粒径逐渐降低，小粒径逐渐增多。

因此，本次标准制定中重点针对当前垫料只关注含水率问题，导致多级机械脱水破坏纤维长度的情况，结合牧场实际生产需求，建议将物料粒径纳入垫料标准中。牛床再生垫料粒径 1.0mm 及以上 $\geq 50\%$ ，保证舒适性和安全性的要求。

(2) 垫料存放（见标准文件6.2）

标准中明确了专用垫料贮存设施的配置要求，这一要求主要考虑到垫料长时间存放不当会影响垫料安全性等。

设施需满足防渗、防雨、防雪、防潮、防风、防爆、预留装卸空间及保持良好通风等要求。这一要求主要参考了《畜禽粪便贮存设施设计要求》，保障垫料贮存设施的正常使用。垫料生产作业过程中会用到车辆、装载机等大型机械，作业空间应满足垫料运输车辆装卸作业要求。

在成品垫料的存放过程中，堆体的高度应当严格控制，不宜超过 2.5 米。过高的堆体不仅会增加垫料自重压力，导致底层垫料变形或损坏，还可能影响堆体的稳定性，增加倒塌风险。因此，合理控制堆体高度是确保垫料质量和安全的重要措施。

设施的容积设计充分考虑了生产需求，能够容纳并存储相当于 3 天生产量的物料，确保在生产和供应链环节中具备足够的缓冲能力。此外，该设施还特别满

足了垫料运输车辆进行装卸作业的具体要求，无论是车辆进出、货物摆放还是装卸操作的便利性，都经过了细致的规划和优化，以确保整个物流过程的高效顺畅。

(3) 垫料使用（见标准文件6.3）

① 垫料适用范围

标准中明确了垫料适用范围。本标准“**垫料应在本场内使用。垫料宜用于12月龄以上牛只的牛床铺垫，铺设厚度宜为15 cm~25 cm，铺设后应及时平整**”所谓的垫料消纳与适用范围，是指垫料在本场内消纳，仅用于12月龄以上牛只的牛舍。牛床再生垫料只能用于12月龄以上牛只的牛舍中；使用牛床再生垫料的奶牛场应具备良好的挤奶设备和较好的环境卫生，包括挤奶前的奶头清洗和药浴。且只能用在牛舍内，不能用于运动场等室外环境；泌乳牛舍铺洒垫料的时间尽量在奶牛进入挤奶厅时进行，以免过大粉尘对牛产生不利影响。

使用过程中，垫料要限量添加，一般铺设厚度为15~25cm，以使垫料能够在牛床上进一步干燥；尽可能保持“冷”卧床，以减少细菌的孳生；科学设计卧床，尺寸不应过长，避免被奶牛粪尿污染（粪尿不要落在卧床上）；经常清除（至少每天一次）被粪尿污染的垫料；牛舍应有足够的通风量，并防止养殖量过大，以保证垫料的进一步干燥和防止舍内氨气浓度过高。

② 垫料使用时间

本标准要求“**垫料宜在出料后12 h内或72 h以后使用，使用时粪大肠菌群数应不超过 10^6 CFU/g。宜根据厚度每日补充新垫料，垫料铺设和平整宜选择空舍时或奶牛进入奶厅挤奶期间完成**”。这一规定是基于对垫料微生物活性变化的深入研究。出料后的12小时内，垫料中的微生物处于相对稳定状态，此时使用可确保微生物指标符合安全标准；而72小时后，垫料经过充分晾晒或烘干，水分含量显著降低，微生物繁殖速度减缓，同样能满足使用要求。若在12至72小时之间使用，垫料中的微生物可能因环境条件变化而快速繁殖，导致粪大肠菌群数等指标超标，影响奶牛健康。因此，严格遵循这一时间规定，是保障垫料使用安全性的重要措施。同时，每日根据垫料厚度补充新垫料，可维持牛床的清洁度和舒适度；选择空舍时或奶牛挤奶期间进行铺设和平整作业，能减少对奶牛的干扰，提高工作效率。

③ 添加碱性调理剂

标准中明确了添加碱性调理剂的要求。所谓的添加碱性调理剂，是指添加1%~2%的碱性调理剂（如氢氧化钙）。这一规定主要参考相关研究，牛床再生垫料中宜添加1%~2%的碱性调理剂（如氢氧化钙），可抑制致病菌生长。

(4) 垫料检测（见标准文件6.4）

本标准明确了垫料检测的要求，考虑设备稳定运行后监测、正常使用期间监测和突击性检测三个方面。这一规定参考了国内外相关标准和实际养殖经验，旨在全面保障垫料的质量和安全性。在设备稳定运行后，按照出料口质量要求进行至少3次的检测，能够确保设备在初始阶段就处于良好的运行状态，生产出的垫料符合质量标准。正常使用期间，对垫料含水率每批次采样检测，微生物指标每月定期取样检测，可以及时发现垫料在使用过程中可能出现的质量变化，保证垫料始终处于安全、舒适的状态。采用快速检测方法的仪器定期标定，能确保检测结果的准确性和可靠性。而牛场发生疑似疫情风险时进行垫料中微生物指标突击性检测，则可以在疫情发生初期及时掌握垫料的情况，采取相应的措施，防止疫情的扩散和蔓延，保障奶牛的健康和养殖场的正常生产。

7 记录和档案管理

标准内容：

7 记录和档案管理

7.1应建立并管理相关档案，包括原料来源、垫料日常生产管理、设备维护、垫料质量检测、使用记录等。

7.2牛床再生垫料生产和使用人员应做好个人防护措施，并有相应的记录。

依据和理由：

①档案管理（见7.1）

标准中明确了档案管理要求，涵盖生产、检测、使用等的档案。这一规定是基于垫料质量安全追溯体系的通用要求，结合垫料全流程管理的实际需求制定，为追溯垫料相关信息提供依据。

②人员防护（见7.2）

标准中明确了人员防护要求，牛床再生垫料生产和使用人员应做好个人防护措施，并有相应的记录。

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

(一) 试验验证的分析、综述报告和技术经济论证

为了验证本标准在牛床再生垫料好氧发酵生产技术的可行性、可操作性等，标准编制承担单位 XXX 依据本标准的相关条款要求，分别选择了黑龙江省、河北省、天津市、宁夏回族自治区、内蒙古自治区等牧场，开展了牛床再生垫料生产的可行性研究。具体验证情况如下：

1. 黑龙江省某牧场反应器好氧发酵生产牛床再生垫料工艺参数验证

(1) 奶牛养殖场项目概况

本试验在哈尔滨市双城区某奶牛养殖场进行，奶牛存栏总量为 1 800 头，其中泌乳牛 900 头。该奶牛场采用刮粪板干清粪工艺，粪污经地下暗管输送至储粪池。储粪池内的粪污经固液分离后固体牛粪进入滚筒发酵仓进行好氧发酵，生产牛粪再生垫料。

滚筒式牛粪垫料再生系统主要包括两级固液分离机、卧旋式滚筒发酵罐以及进出料输送部件。粪污首先通过储粪池提升泵输送至上箱体中的两级固液分离机，经两次固液分离后的固体牛粪进入滚筒发酵罐内进行好氧发酵 18 小时。发酵后的物料经传送带输送至垫料库。滚筒发酵罐总容积为 30m³（长 9.80 m，内径 2.00 m），罐体内的物料量为滚筒容积的 50%~70%，在进料端、罐体中心、出料端分别安装温度传感器对发酵过程堆体温度进行实时监测。

(2) 好氧发酵过程温度验证

结合该场试验数据（表 3~1 所示），夏季滚筒内平均温度（69.82±3.33）℃，冬季为（63.74±6.06）℃，冬季温度显著低于夏季，其原因是进口端温度较低所致。从表 1 中可以看出，通过控温供氧进行发酵，发酵温度为 55℃~60℃，维持时间大于 12 h；发酵温度 65℃以上的，维持时间为 9 小时，符合好氧反应器式发酵温度和时间要求；垫料生产过程为连续进出料，好氧微生物在滚筒内富集，同时滚筒出料端的引风机与出料口将发酵过程产生的水蒸气、CO₂ 等排出罐体形成负压，让氧气从进料端进入罐体的方式补充氧气，保证了发酵罐内物料的有氧环境和好氧微生物活性，促进有机物分解产生热量，从而维持发酵温度的稳

定。

表 3-1 夏季和冬季滚筒不同位置温度情况

季节	进料端	中心	出料端	平均值
夏季	65.52±0.79	73.00±0.69	70.94±1.39	69.82±3.33
冬季	55.72±1.51	69.65±0.80	65.84±1.39	63.74±6.06

经验证反应器式好氧发酵能够达到本标准规定的发酵温度和持续时间。

2.河北省某牧场滚筒好氧发酵生产牛床再生垫料验证

(1) 基本概况

滚筒好氧发酵设备分为上下两层，上层是一次固液分离和二次固液分离，下层是滚筒发酵设备，每个完整的运行周期可以实现生产垫料 20m³。从牛舍清理出的粪污在集污池内经过均匀搅拌后抽到上层的固液分离机，经过两次固液分离后，进入滚筒内进行好氧发酵 12~18 小时。

对滚筒的四个点（进料端、1/3 处、2/3 处、滚筒出料端）（取样点布置如图 1 所示）。每次取样对上述 4 个取样点各取物料 500 g，并用自封袋密封保存。滚筒 1/3 处、2/3 处采用长为 10 m 的取样器进行取样，取样前需在 3 m、6 m 处做好标志，待滚筒静止后伸入筒仓内进行取样。取样完成后，立即放入存有冰袋的取样箱，50 g 用于含水率和 pH 的检测，剩余样品立即放入冰箱（~20 °C）保存，用于微生物的平板培养计数和理化性质的检测。

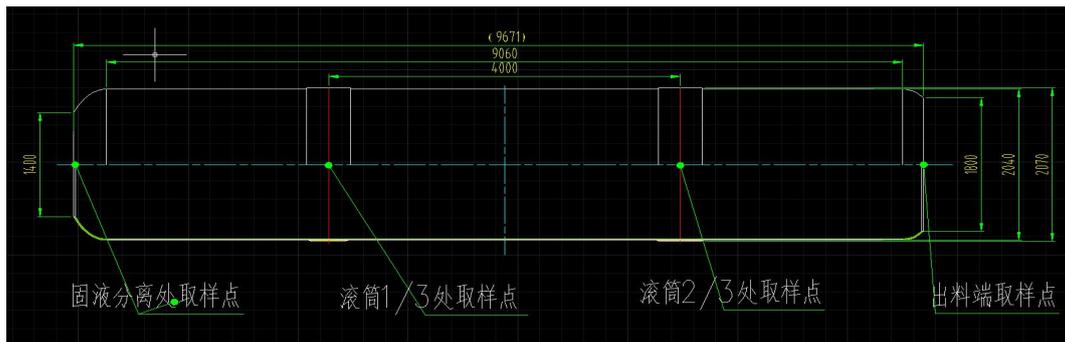


图 3-1 滚筒发酵生产垫料生产过程取样点

(2) 牛粪垫料产品含水率验证

牛粪垫料经滚筒好氧发酵过程，滚筒不同位置物料特性变化如下表所示，从表中可以看出随着发酵过程牛粪垫料的含水率逐渐降低，降低了约 2% 左右，在滚筒发酵罐内含水率变化不大，生产的垫料含水率为 41.12%±0.58%，满足标

准中规定的垫料成品含水率要求；p h 变化呈现逐渐下降趋势，并且在滚筒的不同位置牛粪垫料的 p h 值具有显著性差异，与好氧发酵过程利用好氧微生物升温分解有机物有关；但整个过程中灰分值变化不大。

表 3-2 牛粪垫料好氧发酵过程中物料特性变化

物料特性	固液分离	滚筒1/3	滚筒2/3	滚筒出料端
含水率（%）	43.12±0.69 ^a	42.07±1.55 ^{ab}	41.8±1.44 ^{ab}	41.12±0.58 ^b
p h	9.02±0.01 ^a	8.86±0.03 ^b	8.73±0.093 ^c	8.56±0.02 ^d
灰分（%）	10.96±0.12 ^a	10.25±0.45 ^b	10.22±0.23 ^b	9.78±0.13 ^b

(2) 牛粪垫料典型乳房炎致病菌验证

对滚筒好氧发酵生产牛粪垫料过程中不同位置取样，利用平板培养检测乳房炎致病菌。综合三次实验结果，在滚筒发酵过程中，从固液分离过程到滚筒 2/3 处的牛粪垫料，大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、克雷伯氏菌和链球菌 4 种乳房炎致病菌的数量均表现为大幅度降低，其中链球菌在滚筒 2/3 处已经检测不到，大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、克雷伯氏菌在滚筒出料端检测不到。

经验证，反应器式好氧发酵产生的垫料能够达到本标准要求的奶牛乳房炎致病菌、含水率等质量控制要求。

3.宁夏某牧场好氧滚筒生产垫料验证

(1) 基本情况

养殖场养殖量为 5000 头/牧场，垫料生产系统于 2024 年 4 月正式投入运营，日产量超过 120 吨。代替原晾晒牛粪混合稻壳的方式，年综合降本超过 300 万元。垫料生产工艺为带式挤压二次脱水+反应器好氧发酵，发酵时间为 12~18 小时。

(2) 垫料成品粒径、含水率 and 安全性验证

采用带式挤压二次脱水，剪切破坏作用较小，粒径≥1.0mm 物料占比>70%。带式挤压脱水设备，采用摊平挤压的方式，挤压力更小的情况下，达到更高的脱水效果，产品水分≤45%。

好氧发酵处理后，牛粪再生垫料微生物指标：大肠杆菌：<100CFU/g；链球菌：未检出；沙门氏菌：未检出；金黄色葡萄球菌：未检出。

垫料使用：奶牛赶去挤奶时，将卧床耙松，保证卧床的松软性。卧床规格 5×1.3 米，每日补充垫料约 30 升。保证垫料厚度大于 15 厘米，机械抛撒过后可

人工进行局部二次平整。



粒径>1.7mm

粒径1~1.7mm

粒径<1mm

图 3-2 垫料成品粒径图

4.内蒙古某牛场覆膜式好氧发酵生产垫料

(1) 基本情况

内蒙古某奶牛场规模为 2000 头，奶牛粪便生产牛床垫料工艺流程包括物料预处理（固液分离）、一次发酵、二次发酵。通过好氧发酵翻堆和曝气，使堆体温度达到 55℃ 以上，膜式好氧发酵时间不少于 7 天，堆体温度高于 65℃ 时，应通过翻堆或曝气降低堆体温度，一次发酵周期为 15 天~20 天。堆体内部氧浓度不宜低于 5%，曝气风量为 0.05 (m³/min) ~0.2 (m³/min)（以每立方米物料为基准）。

(2) 垫料生产和成品质量验证

发酵温度监测数据，膜式好氧发酵技术生产牛床垫料发酵温度变化情况如图所示，60℃ 以上达到了 17 天，满足温度达到 55℃ 以上，膜式好氧发酵时间不少于 7 天的发酵温度和持续时间要求。

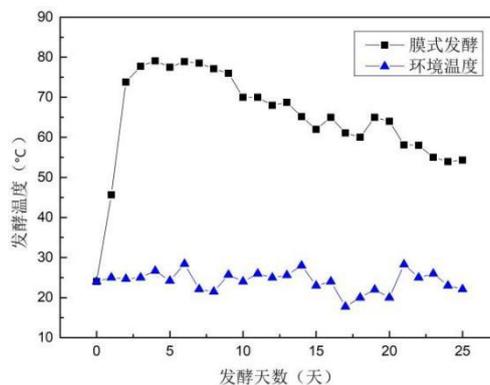


图 3-3 覆膜式好氧发酵生产牛床垫料温度变化曲线

经验证，覆膜式好氧发酵后的垫料成品含水率为 40%~45%，沙门氏菌、

金黄色葡萄球菌、链球菌、克雷伯氏菌、大肠杆菌等均未检出，使用过程中未出现大面积感染乳房炎的情况出现。

5. 内蒙古某牛场沼渣烘干生产垫料验证

采用牛粪沼渣进行烘干处理，前一阶段进行高温高湿杀菌，杀菌温度 70 ℃，含水率为 60%，杀菌时长 2 h；而后进入热风干燥阶段，烘干温度 60 ℃，3.25 小时，得到的垫料含水率为 42.75%±1.14%，符合垫料含水率 40%~50%的要求，奶牛乳房炎致病菌降至安全范围以内，大肠杆菌、金黄色葡萄球菌、链球菌和克雷伯氏菌无检出。

6. 天津市某牧场牛床再生垫料堆放过程

拟通过本次制定的《牛床再生垫料好氧发酵生产技术规程》行业标准相关内容评估天津市某牧场牛床再生垫料堆放过程安全性探究。一方面，系统分析堆放时间对生物安全性的影响，助力牛床再生垫料好氧发酵生产垫料贮存条件的构建；另一方面，构建实证案例以支撑新行业标准的执行性验证及规模化应用推广。

(1) 基本概况

牛床再生垫料在实际生产应用过程中，受人力、厂区规模等因素限制，生产的物料不能立即使用，因此堆放过程中牛床再生垫料的物料特性和乳房炎致病菌的变化情况对实际应用具有重要意义。

垫料 4m³堆体（长 3 m，宽 2.4 m，高 1.2 m），在高度为 35 cm、65 cm、95 cm 处每层安装 5 个 T 型热电偶实时监测堆体温度变化情况，取样点设置在距离 T 型热电偶水平 5 cm 处，堆放时间设置为 3 d，取样时间为 12 h 的时间间隔。

(2) 牛床再生垫料堆放过程含水率变化

由下图牛床再生垫料堆放的 72 h 过程中含水率变化情况可以看到：整个堆体堆放过程含水率逐渐降低，且表现为顶层的含水率始终最低，堆放 48 h 之前中层含水率高于底层，堆放 48 h 后中层含水率低于底层。由于堆放过程，顶层的水分逐渐向中、下层迁移，同时由于垫料仓内顶层受到光照影响，温度高水分蒸发速度较中下层快的缘故。最终，堆放 72 h 后顶层含水率小于 50%，中下层在 45%左右，含水率较低，符合垫料的使用要求。

(3) 牛床再生垫料堆放过程中温度变化

牛床再生垫料堆放过程中不同层温度变化随堆放时间变化如下图所示，堆放

12 h 时三层温度基本维持在 30 °C，到堆放 48 h 过程中，不同层均不断升温，48 h 时上层中层温度升到 70 °C 以上，然后基本维持稳定，堆放 66 h 时开始逐渐降温，下层温度在堆放 42 h 升到 60 °C 以上，然后维持稳定。

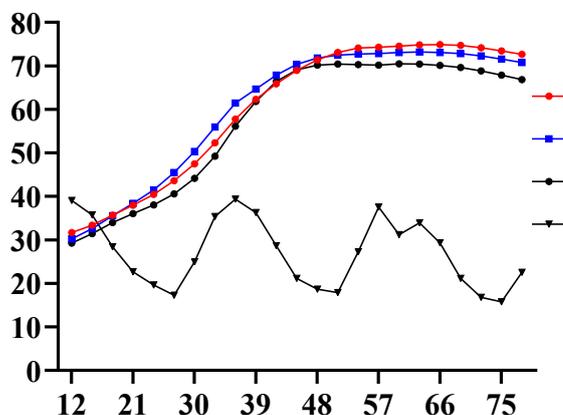


图 3-5 牛床再生垫料堆放过程温度变化情况

(4) 牛床再生垫料堆放过程致病菌变化

由下图可以看到牛床再生垫料堆放 72 h 过程中四种乳房炎致病菌变化，其中大肠杆菌和克雷伯氏菌在堆放过程中的杀灭效果最好。由于垫料堆放过程，好氧微生物会利用垫料内的有机物质继续升温好氧发酵，使堆体温度升高到 70 °C 以上，起到再次杀菌的效果。从堆体大肠杆菌的变化可以看到，中层和顶层基本在堆放 24 h 时达到峰值，然后逐渐降低，在堆放 60 h 处于未检出状态，底层在堆放 72 h 时有 4log₁₀cfu/g 的大肠杆菌，底层的垫料由于温度变化没有顶层和中层温度高，杀菌效果不佳。在四种乳房炎致病菌中，数量最多的是金黄色葡萄球菌，最少的是克雷伯氏菌，各种菌的不同层高基本表现为在堆放 24 h 时达到峰值，然后逐渐降低，但就堆放 72 h 的结果来看，金黄色葡萄球菌的含量在 6log₁₀cfu/g 左右，含量较多，杀菌效果不理想，但金黄色葡萄球菌属于接触性型乳房炎致病菌，在挤奶过程中采用严格的杀菌消毒措施可以被杀死。但由于环境的不可控因素，堆放过程虽然可以利用高温杀菌，但堆放 72 h 还是会滋生致病菌。

经验证，生产的垫料成品尽快使用，如果由于不可控条件必须堆放时，堆放 72 h 后再使用。

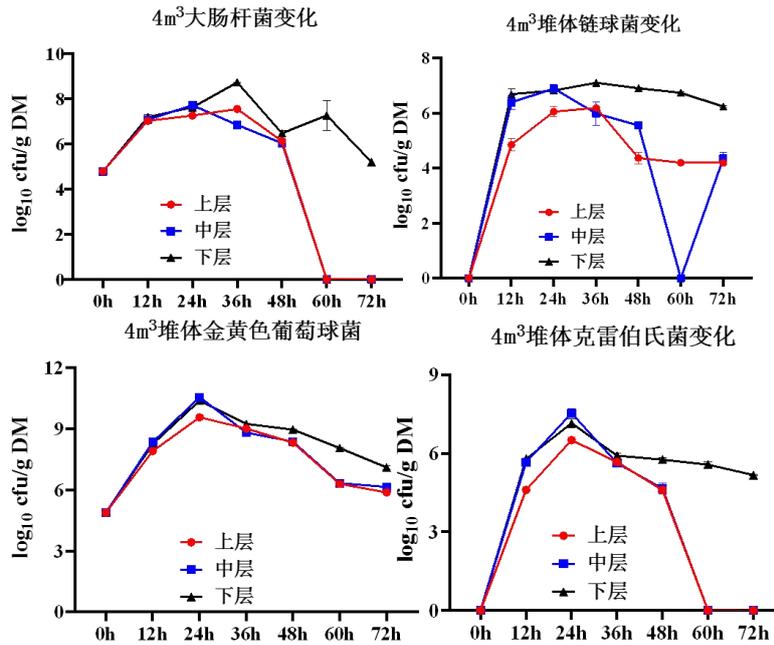


图 3-6 牛床再生垫料堆放过程乳房炎致病菌变化

(二) 预期的经济、社会和生态效益

垫料是奶牛散栏饲养中重要的投入品,可明显改善奶牛健康、延长躺卧时间,有利于产奶量提高。以养殖规模 10000 头为例,卧床垫料需求量约 80 吨/天。牛粪不需要从市场购买,不受市场控制。将新鲜牛粪全部转化垫料回填,大幅节约粪污处理和垫料利用成本 500~600 元/吨(原采用稻壳 750~800 元/吨)。项目成果将有助于奶业纾困,获得良好的经济效益。

采用牛粪再生垫料有许多优势。与橡胶垫料比,不仅成本低,且舒适性、安全性较好;与沙子比,不会造成清粪设备、固液分离机械、泵和筛分器等严重磨损,输送过程中不易堵塞管路,不沉积于储液池底部,无需经常清理,将污粪制成有机肥也不会和沙子一样影响肥效;与沙土比,牛粪松软不结块,不易导致奶牛膝盖、腿受伤,也有利于后续的粪污处理。因此,将奶牛场产生的粪污经固液分离恰当处理后用作牛床垫料,不仅可以大大降低粪污处理成本、缓解环保压力,实现节本增效,还可以追求最大化的生态效益和社会效益。对于促进奶业可持续发展具有重要的现实意义。

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

本标准是结合中国奶牛生产实际制定的，国际上没有同类标准，本标准在制定过程中没有采用同类国际标准。

本标准内容与国外工艺产品数据进行了对比，标准中相关数据与国外设备生产牛床再生垫料质量标准如下：

表 4-1 国外样品与本标准对比

项目	本标准内容	山东省某牧场（德国设备）	黑龙江省某牧场（德国设备）
好氧发酵	反应器式	反应器式	反应器式
发酵温度	55 ℃~60 ℃	55 ℃~60 ℃	55 ℃~60 ℃
维持时间	大于 12 h	12 h~18 h	12 h~24 h
外观	褐色或棕褐色，疏松、无臭味	褐色或棕褐色，疏松、无臭味	褐色或棕褐色，疏松、无臭味
含水率	40 %~50 %	45 %~50 %	40 %~50 %
粪大肠菌群数	≤100 CFU/g	10 CFU/g	22 CFU/g
金黄色葡萄球菌	不得检出	未检出	未检出
链球菌	不得检出	未检出	未检出
克雷伯氏菌	不得检出	未检出	未检出
物料粒径	粒径 1.0 mm 及以上 ≥ 50 %	粒径 1.0 mm 及以上 58 %	粒径 1.0 mm 及以上 62 %

目前国内的设备与国外牛床垫料产品设备发酵工艺参数控制和质量控制方面，无明显的差异，国外设备的质量控制方面与本标准的要求具有一致性。

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

本标准制定不涉及国际标准的采用，不涉及版权问题。

六、与有关法律、行政法规及相关标准的关系

本标准在制定过程中，参照了现有法律法规如《中华人民共和国畜牧法》《畜

禽规模养殖污染防治条例》《中华人民共和国动物防疫法》《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国大气污染防治法》《恶臭污染物排放标准》(GB14554)《畜禽养殖业污染物排放标准》(GB18596)《畜禽养殖污水贮存设施设计要求》(GB/T 26624)等标准。本标准与现有的法律法规和标准没有冲突,且能够与现有的法律法规和强制性标准相互协同,共同促进我国畜牧业绿色低碳的发展。

七、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准在制定过程中没有出现重大分歧意见。

八、涉及专利的有关说明

经查,未识别到与本标准技术内容有关的专利。

九、实施行业标准的要求,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《牛床再生垫料生产技术规范》过渡期为6个月。发布后,建议相关部门尽快向社会公布本标准,并在行业标准网上公示,通知相关机构、行业协会和技术单位,发行文件单行本,使该文件信息迅速传播到相关人员和企业中,便于畜禽养殖场和管理部门尽快实施本标准。

建议组织专家开展新文件的培训工作,以加快新文件的推广应用,促进我国畜禽养殖绿色低碳技术应用和畜牧业高质量发展。

十、其他应当说明的事项

本文件无其他应予说明的事项。

附件 1:

预审稿审定会意见汇总处理表

标准名称: 牛床再生垫料好氧发酵生产技术规程 共 3 页

标准项目承担单位: XXX 等 2025 年 12 月 22 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	3.2	删除	专家组	采纳	
2	3.3	删除	专家组	采纳	
3	4	划分为 4.1 生产作业区要求和 4.2 原料要求, 并将 4.2 重新整合	专家组	采纳	
4	4.1.1	删除第一句, 将“生产作业区应处于牛场生产区常年主导风向下风向或侧风向”改为“生产作业区应位于牛场生产区常年主导风向下风向或侧风向”	专家组	采纳	
5	4.1.2	修改为“应防渗、防雨, 排水良好, 生产作业宜在室内进行。”	专家组	采纳	
6	4.1.3	添加“ , 采取防爆措施”删除“ , 接地端子处应有接地标识”	专家组	采纳	
7	4.1.4	改为“垫料生产系统应定期进行检修维护。”	专家组	采纳	
8	4.1.5	删除	专家组	采纳	

9	4.1.6	修改为“生产过程中产生的废气宜进行集中收集处理，臭气排放应符合 GB 14554 的规定。”	专家组	采纳	
10	4.2	调至 7，标题修改为“使用要求” 增加垫料取样检测要求，使用条件要求	专家组	采纳	
11	4.2.3	删除“，并配备专门的垫料运送和铺设设备，使用后应及时清洗消毒”	专家组	采纳	
12	5	标题修改为“生产工艺和设施设备”	专家组	采纳	
13	5.1	修改为“以新鲜粪污为原料的，固液分离后经好氧发酵生产牛床再生垫料；以粪污厌氧发酵产生的牛粪沼渣为原料的，进行摊晒或二次固液分离，经好氧发酵生产牛床再生垫料。工艺流程见图 1。”修改图 1	专家组	采纳	
14	5.2.1.2	修改为“以沼渣作为原料的应来自本场厌氧发酵后残留物”	专家组	采纳	
15	5.2.3	修改为 5.3 暂存。所有“贮存池”修改为“暂存池”	专家组	采纳	
16	5.2.3.2	删除“功率配置符合 GB37485 的规定”	专家组	采纳	
17	5.2.3.3	“设置明显的标志和围栏等防护设施”修改为“设置围栏和安全警示标志”，该条与 5.2.3.2 调换顺序	专家组	采纳	
18	5.4	修改为“可选择如下任一方式进行好氧发酵。”	专家组	采纳	
19	5.4.2.1	“采用送风机定时强制通风”修改为“进行强制通风”	专家组	采纳	

20	5.4.2.2	删除“采用间歇或连续曝气方式的”	专家组	采纳	
21	5.5	标题修改为“晾晒或烘干”	专家组	采纳	
22	5.5.1	修改为“厌氧发酵残留物经固液分离后的沼渣，经晾晒或烘干至含水率宜不高于50%。”	专家组	采纳	
23	5.5.3	删除	专家组	采纳	
24	6	标题修改为“质量控制”，将垫料存放和利用合并到本章节	专家组	采纳	
25	7.1	修改为“应有独立的存放场所。”	专家组	采纳	
26	7.2	修改为“存放设施应防雨雪、防潮、防风、防火。”	专家组	采纳	
27	7.4	删除	专家组	采纳	
28	8.2	删除	专家组	采纳	
29	表1	标题修改为“牛床再生垫料质量要求”，删除沙门氏菌、霉菌、嗜热芽孢杆菌；“水分含量”改为“含水率”；重新核查检测方法选用的标准；分列出料端口要求和使用前质量要求；“检测方法”改为“参照方法”	专家组	采纳	
30	编制说明	进一步修改，强化国内外比较，进一步完善依据和理由，及验证部分总结归纳	专家组	采纳	

注:提出单位为专家组。